

# Вестник Московского университета

Серия 5 ГЕОГРАФИЯ

Издательство Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

2023 • Т. 78 • № 5

СЕНТЯБРЬ–ОКТАБРЬ

Выходит один раз в два месяца

Посвящается 270-летию Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Теория и методология*

Савенко В.С. О логических основаниях разных толкований понятия «гидросфера»..... 3

### *География мирового хозяйства*

Заяц Д.В., Петрова А.С., Ткаченко Т.Х. Трансформация региональной структуры  
мирового рынка кофе (в конце XX – начале XXI в.)..... 10

### *Эволюционная география*

Янина Т.А., Сорокин В.М., Семиколенных Д.В. Каспийские моллюски  
в Карангатском бассейне Черного моря (поздний плейстоцен)..... 20

Кулешова Л.А., Матуль А.Г., Казарина Г.Х., Баширова Л.Д. Четвертичные  
кремневые микрофоссилии экваториальной Атлантики и их роль  
в палеоокеанологических реконструкциях..... 27

### *География городов*

Смирнов И.П., Лебедев П.С. Факторы пространственного роста малых городов  
Центральной России..... 42

Мышлянцева С.Э., Меркушев С.А., Ланин В.В. Методика оценки туристской  
привлекательности малых и средних городов (на материалах Пермского края)..... 52

Слука Н.А., Твердов И.К. Изучение меняющихся компетенций Большого Парижа  
(к 100-летию А.Е. Слуки)..... 65

### *Региональные исследования*

Романов А.А. Весенняя миграция водно-околоводных птиц на плато Путорана..... 79

Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Чендев Ю.Г., Бочарников М.В. Корреляционные  
связи и варьирование свойств агрочерноземов юга Среднерусской  
возвышенности..... 89

Шартова Н.В., Грищенко М.Ю., Ватлина Т.В. Территориальная доступность  
медицинских учреждений для жителей севера России..... 104

Чалов С.Р., Завадский А.С., Головлев П.П., Иванов В.А. Руслловая составляющая  
стока наносов: особенности проявления на крупных реках России..... 115

### *Краткие сообщения*

Бочкарев Ю.Н., Дьяконов К.Н., Соромотин А.В., Сизов О.С.  
Дендрохроноиндикация изменения местного климата городской территории  
Надыма за последние 50 лет..... 125

# LOMONOSOV GEOGRAPHY JOURNAL

*Dedicated to the 270<sup>th</sup> anniversary  
of the Lomonosov Moscow State University*

## CONTENTS

### **Theory and methodology**

- Savenko V.S.* On the logical foundations of different interpretations of the “hydrosphere” concept..... 3

### **Geography of the world economy**

- Zayats D.V., Petrova A.S., Tkachenko T.Kh.* Transformation of the regional structure of the world coffee market (the end of the 20<sup>th</sup> – beginning of the 21<sup>st</sup> century)..... 10

### **Evolutionary geography**

- Yanina T.A., Sorokin V.M., Semikolennykh D.V.* Caspian mollusks in the Karangatian basin of the Black Sea (the late Pleistocene)..... 20
- Kuleshova L.A., Matul A.G., Kazarina G.H., Bashirova L.D.* Quaternary siliceous microfossils of the equatorial Atlantic and their role for paleoceanographic reconstructions..... 27

### **Cities Geography**

- Smirnov I.P., Lebedev P.S.* Factors of the spatial growth of small cities in Central Russia..... 42
- Myshliavtseva S.E., Merkushev S.A., Lanin V.V.* Assessment procedures for studying the tourist attractiveness of small and medium cities (case study of the Perm region)..... 52
- Sluka N.A., Tverdov I.K.* Studying the changing competencies of Greater Paris (to the 100<sup>th</sup> anniversary of A.E. Sluka)..... 65

### **Regional studies**

- Romanov A.A.* Spring migration of water birds on the Putorana Plateau..... 79
- Smirnova M.A., Gennadiev A.N., Chendev Yu.G., Bocharnikov M.V.* Correlation and variability of soil properties of arable Chernozems in the south of the Central Russian Upland..... 89
- Shartova N.V., Grishchenko M.Yu., Vatlina T.V.* Territorial accessibility of medical institutions for the residents of the North of Russia..... 104
- Chalov S.R., Zavadsky A.S., Golovlev P.P., Ivanov V.A.* Channel component of sediment yield: specific features for the large rivers of Russia..... 115

### **Short Communications**

- Bochkarev Yu.N., Dyakonov K.N., Soromotin A.V., Sizov O.S.* Dendrochronoindication of local climate change in Nadym city over the last 50 years..... 125

---



---

**ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ**


---



---

УДК 550.42

**О ЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЯХ РАЗНЫХ ТОЛКОВАНИЙ  
ПОНЯТИЯ «ГИДРОСФЕРА»**
**В.С. Савенко**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,  
кафедра гидрологии суши, вед. науч. сотр., д-р геол.-минерал. наук, проф.; e-mail: alla\_savenko@rambler.ru*

Рассмотрены логические основания разных толкований фундаментального понятия «гидросфера», широко используемого в науках о Земле. Выделены пять основных трактовок определения гидросферы: Мировой океан; Мировой океан и все поверхностные воды суши; все поверхностные и подземные воды Земли; все поверхностные и подземные воды, а также воды атмосферы, включая атмосферную влагу; все формы воды, присутствующие на планете. Исходя из концепции фазово-оболочечного строения Земли, логически наиболее обосновано определение гидросферы как земной оболочки, представленной совокупностью водных объектов, располагающихся между атмосферой и литосферой (Мировой океан, озера, реки, болота, временные и постоянные снежно-ледовые покровы). В гидросферу не входят пары воды в атмосфере и подземные воды, являющиеся компонентами других геосфер: атмосферы и литосферы.

**Ключевые слова:** геосферы, оболочки Земли, терминология, логика, дедукция

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.1

**ВВЕДЕНИЕ**

Широко используемое в науках о Земле понятие «гидросфера» не имеет однозначного толкования. Определения гидросферы сильно различаются: от вод Мирового океана [Лукашевич, 1911; Вернадский, 1960] до всех проявлений и форм воды, существующих на планете [Павлов, 1985; Клиге, 2007]. С целью как-то уменьшить столь значительные расхождения некоторые авторы стали говорить об «узком» и «широком» понимании гидросферы [Соколов, 1971; Федосеев, 1975], что не способствует решению вопроса и еще больше запутывает сложившуюся ситуацию. Более того, высказывалось мнение о невозможности строгого определения гидросферы и ее границ в силу повсеместного присутствия воды [Гавриленко, Дерпгольц, 1971].

За редкими исключениями, например [Михайлов и др., 2005], приводимые определения гидросферы, как правило, являются аксиоматическими (не требующими обоснования) и в лучшем случае сопровождаются перечислением разных точек зрения и указанием на предпочтительность одной из них. Неопределенность толкования понятия «гидросфера» приводит к неоднозначности его смыслового содержания, что, с одной стороны, совершенно недопустимо для фундаментального по-

нятия, используемого во многих науках о Земле, а с другой – указывает на необходимость выработки единой согласованной точки зрения. Целью настоящей заметки стал дедуктивно-логический анализ существующих толкований термина «гидросфера» с точки зрения фазово-оболочечного строения Земли.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Как известно, геосферами принято называть концентрические оболочки планетарного масштаба, представляющие собой элементы строения Земли высшего порядка. Обычно выделяют шесть геосфер: магнитосферу, атмосферу, гидросферу, литосферу, мантию и ядро, которые различаются по физическим и химическим свойствам вещества, их слагающего. В соответствии с этим гидросферой (от греч. *hydro* – вода и *sphaira* – шар) можно назвать земное пространство, заполненное водой. Однако при таком подходе положение границ гидросферы остается неопределенным, поскольку проявления природных вод находятся не только между атмосферой и литосферой (океаны и моря, поверхностные водоемы и водотоки суши, снежно-ледниковый покров), но также присутствуют в атмосфере (облака, дождевые воды, снег) и литосфере (подземные воды и льды).

В таблице обобщены различные определения гидросферы с указанием положения ее верхней и нижней границ. Хотя приводимые в этой таблице ссылки не охватывают даже малой доли высказываний по рассматриваемому вопросу, они, во-первых, отражают все основные точки зрения и, во-вторых, включают часто цитируемые работы. Из данной подборки следует, что существует пять основных подходов к выделению гидросферы. Рассмотрим приводимую аргументацию.

1. С позиций фазово-оболочечного строения Земли гидросферу уместно отождествить с Мировым океаном [Лукашевич, 1911; Вернадский, 1959, 1960]. В этом случае она представляет собой единый водный объект планетарного масштаба, расположенный между менее плотной газовой и более плотной каменной оболочками, т. е. атмосферой и литосферой. Все части выделенной таким образом гидросферы гидродинамически связаны между собой. Однако Мировой океан, занимая углубления планетарного рельефа, не образует сплошной оболочки, которая тем не менее могла бы существовать при меньшей степени расчлененности рельефа и (или) большем количестве морской воды. Не существует каких-либо принципиальных запретов, исключающих возможность покрытия океаном всей земной поверхности в прошлые или будущие периоды геологической истории. Поэтому Мировой океан можно рассматривать как водный объект, *потенциально* соответствующий понятию «геосфера» в его традиционном определении.

2. С другой точки зрения в состав гидросферы входят все поверхностные воды, включающие, помимо Мирового океана, водные объекты, располагающиеся на поверхности суши: реки, озера, болота, снежно-ледовые покровы и т. д. В этом случае необходимо обосновать принципиальное сходство всех указанных частей гидросферы и найти для них общие признаки, отличающие поверхностные воды от других проявлений природных вод Земли. Несомненно, важной чертой общности Мирового океана и поверхностных вод суши является явно выраженное функциональное подобие, обусловленное их положением в земном пространстве. Это прежде всего прямое и опосредованное (через атмосферу) взаимодействие поверхностных вод с солнечным излучением, которое определяет происходящие в них гидрофизические процессы, в том числе динамическую структуру водных масс. Кроме того, прямое солнечное излучение служит фактором, лимитирующим первичную продукцию со всеми вытекающими отсюда последствиями. Особенно ярко функциональное сходство поверхностных вод суши и Мирового океана выражено в бассейнах внутреннего стока. Помимо сходной структуры водного

баланса, водоемы бассейнов внутреннего стока, подобно Мировому океану, аккумулируют растворенные и взвешенные вещества речного и подземного стоков, генерируют аэрозоли, выносящие растворенные соли на сопредельные территории суши и т. д. Поэтому вполне логично объединить под понятием гидросферы все функционально подобные водные объекты, располагающиеся между атмосферой и литосферой и включающие, наряду с Мировым океаном, поверхностные воды суши. В этом случае Мировой океан в отдельности можно называть океаносферой, как это делают некоторые авторы [Степанов, 1983; Орленок, 2008]. Заметим, что водные объекты, представленные водой в твердом состоянии (высокогорные ледники, временные и постоянные ледниковые и снежные покровы, лед пород областей вечной мерзлоты), могут быть названы криосферой, входящей в состав гидросферы. Эти замерзшие природные воды принципиально не отличаются от остальных природных вод и легко в них переходят при повышении температуры.

3. Согласно третьему подходу, гидросфера состоит из Мирового океана, водных объектов на поверхности суши и свободных (гравитационных) подземных вод и льдов. Для обоснования такого понимания гидросферы обычно привлекают известный факт гидродинамической связанности поверхностных и подземных вод, которая особенно ярко проявляется в верхней части литосферы в зоне активного водообмена. Однако при этом теряется четкость в определении пространственных взаимоотношений гидросферы со смежными геосферами: атмосферой и литосферой. Если подземные воды представляют собой подземную часть гидросферы (подземную гидросферу), то невозможно найти положение границы, отделяющей гидросферу от литосферы. Получается, что частично гидросфера совмещена с литосферой, не являясь ее частью. Избежать этого противоречия можно, если исключить из состава литосферы поровое и трещинное пространство и отнести его к атмосфере или гидросфере в зависимости от его заполнения воздухом (зона аэрации) или водой (зона насыщения) соответственно. Очевидно, что при этом относить к атмосфере или гидросфере можно только то порово-трещинное пространство литосферы, которое образует единую систему сообщающихся пустот, динамически связанных с атмосферой или поверхностными водами. Тогда нижнюю границу атмосферы следует проводить по основанию зоны аэрации, а в подземную гидросферу включать гравитационные и капиллярные воды зоны активного, замедленного и весьма замедленного водообмена и считать ее нижней границей глубину закрытия порово-трещинного пространства, составляющую, по оценке С.Н. Иванова [1994], 6–15 км.

Таблица

## Различные подходы к определению гидросферы

Состав гидросферы	Границы гидросферы		Ссылки
	Верхняя	Нижняя	
1. Мировой океан	Граница раздела вод океанов и морей с атмосферой	Граница раздела вод океанов и морей с донными отложениями и породами литосферы	[Лукашевич, 1911; Вернадский, 1959, 1960]
2. Мировой океан и водные объекты на поверхности суши, содержащие воду в жидком и твердом состояниях	Граница раздела вод океанов, морей и поверхностных водных объектов суши с атмосферой	Граница раздела вод океанов, морей и поверхностных водных объектов суши с донными отложениями и породами литосферы	[Гольдшмидт, 1938; Виноградов, 1961; Калесник, 1970; Толстой, Швецов, 1977; Яблоков, 2016]
3. Мировой океан, водные объекты на поверхности суши, содержащие воду в жидком и твердом состояниях, подземные воды и льды	Граница раздела вод океанов, морей и поверхностных водных объектов суши с атмосферой, зеркало грунтовых вод	Нижняя граница распространения свободных (гравитационных) подземных вод в литосфере	[Чеботарев, 1978; Вундцеттель, 2003]
4. Мировой океан, атмосферная влага, водные объекты на поверхности суши, содержащие воду в жидком и твердом состояниях, вода живых организмов, подземные воды и льды	Тропопауза	Глубина достижения критической температуры	[Овчинников, 1970]
5. Все формы воды Земли в жидком, твердом, газообразном, химически и биологически связанном состояниях	Тропопауза	Граница литосферы и мантии	[Всеволожский, 1991]
	Верхние слои атмосферы	Нижняя граница распространения свободных (гравитационных) подземных вод в литосфере	[Львович, 1974; Яцык, Шамаков, 1992; Михайлов и др., 2005; Агаа, 2005; Hydrosphere, 2023]
	Верхняя граница присутствия заметных количеств атмосферной влаги, ~300 км	Граница литосферы и мантии	[Федосеев, 1975]
	Термопауза атмосферы, 700–800 км над уровнем геоида	Граница литосферы и мантии	[Тарасов, 1990]
		Мантия на глубине ~300 км	[Клиге и др., 1998; Клиге, 2007]
		Низы переходной зоны в мантии, ~800 км	[Павлов, 1985; Кирюхин и др., 1988]

При всей привлекательности такого подхода для обоснования выделения всех свободных вод в качестве особой геосферы он приводит к неопределенности в отношении положения других межгеосферных границ. Например, поскольку проникновение терригенных или морских аэрозолей в атмосферу принципиально ничем не отличается от проникновения воды вглубь литосферы, верхние границы гидросферы и литосферы должны быть перенесены в атмосферу до высот по меньшей мере нескольких километров, где присутствуют аэрозоли морского или континентального генезиса.

Подобно минералам, свободная вода и льды верхней литосферы представляют собой один из компонентов горных пород, от содержания которых зависят их физические свойства. При этом водоносные горизонты могут рассматриваться как специфические разновидности соответствующих пород, содержащие значительные количества особого жидкого «минерала» – воды. Поэтому представляется вполне справедливым мнение М.П. Толстого и П.Ф. Швецова, согласно которому «гидросфера – планетарная водная геосфера Земли... она не может входить в другие геосферы» [Толстой, Швецов, 1977, с. 92].

4. Многие авторитетные ученые еще больше расширяют гидросферу, включая в нее, помимо воды в жидком и твердом состояниях, также пары воды в атмосфере. Большинство сторонников этой точки зрения верхнюю границу определенной таким образом гидросферы проводят по тропопаузе, которая является ловушкой для водяных паров нижележащих слоев атмосферы. В положении нижней границы имеется значительная неопределенность: от нижней границы распространения свободных (гравитационных) подземных вод (~5 км) до границы литосферы и мантии.

Наибольшую сложность представляет обоснование включения в состав гидросферы водяных паров атмосферы, которые, будучи газом, должны, строго говоря, рассматриваться как один из компонентов воздуха и входить в состав атмосферы. Предложение рассматривать *воздушные массы* в качестве газообразных модификаций океанических и континентальных *водных масс* [Эдельштейн, 2005, с. 4–5] нельзя признать удачным, поскольку оно искажает физику процесса формирования воздушных масс и абсолютизирует роль испарения воды. Понятие «гидросфера» относится к природным водам, в состав которых входят растворенные и взвешенные вещества различного происхождения. Пары воды в атмосфере представляют собой химическое соединение  $H_2O$  в газообразном состоянии, они являются одним из компонентов воздуха и не могут рассматриваться в качестве водных объектов.

Другим аргументом для включения газообразной воды атмосферы в состав гидросферы служит участие всех фазовых состояний воды в глобальном гидрологическом цикле (планетарном круговороте воды). Однако при включении в глобальный гидрологический цикл газообразной воды атмосферы он не может рассматриваться иначе как круговорот определенного химического соединения –  $H_2O$ . В этом отношении круговорот воды принципиально не отличается от круговоротов углерода, серы или азота, которые изучаются в геохимии и не используются в качестве аргумента для выделения соответствующих геосфер.

Вообще, нет никакой необходимости совмещать гидросферу с круговоротом воды, поскольку, как известно, круговороты веществ в земной коре не ограничиваются какой-либо одной геосферой. На это обращал внимание еще В.И. Вернадский, который считал необходимым различать гидросферу (Мировой океан в его трактовке) и водную оболочку Земли, объединяющую все химически не связанные воды планеты, не входящие в кристаллическую решетку минералов. В отличие от гидросферы-океана, воды которой образуют сплошную массу, водная оболочка представлена различными водными объектами земной коры<sup>1</sup>, связанными между собой, с одной стороны, через водяные пары тропосферы, а с другой – через капиллярные воды горных пород биосферы, стратисферы, метаморфической и гранитной оболочек [Вернадский, 1960, 1987]. Пространство гидросферы и область действия планетарного круговорота воды соотносятся также как отдельный орган живого организма и его кровеносная система, пронизывающая весь организм.

5. Наконец, некоторые авторы отождествляют гидросферу Земли со всем пространством, в котором вода присутствует в любом физически возможном состоянии: газообразном, жидком, твердом, физически и химически связанном [Павлов, 1985; Кирюхин и др., 1988; Клиге и др., 1998; Клиге, 2007]. По современным представлениям, вода как таковая (как химическое соединение) присутствует во всем земном пространстве от нижней мантии до самых верхних слоев атмосферы, поэтому указанная точка зрения вообще исключает выделение гидросферы в строении Земли.

Таким образом, логический анализ разных определений гидросферы показывает, что наименее противоречивым является ее отождествление со всеми поверхностными водами Земли, включающими воды Мирового океана, водоемы и водотоки суши, а также льды океана и снежно-ледовые по-

<sup>1</sup> Под земной корой В.И. Вернадский и его современники понимали совокупность внешних оболочек Земли: атмосферы, гидросферы и литосферы.

кровы суши. Определяемая так гидросфера, располагаясь между атмосферой и литосферой, имеет четко выраженные границы, вполне определенное положение в структуре Земли и особый энергетический статус, связанный с прямым воздействием космической (солнечной) энергии.

### ВЫВОДЫ

На Земле вода в свободном конденсированном состоянии образует самостоятельную оболочку пла-

нетарного масштаба – гидросферу, представленную водными объектами, располагающимися между атмосферой и литосферой (Мировым океаном, поверхностными водами суши, морскими льдами, временными и постоянными снежно-ледовыми покровами).

Выделяя гидросферу как совокупность водных объектов на земной поверхности, не следует распространять это понятие на атмосферную влагу и подземные воды, являющиеся компонентами других геосфер.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вернадский В.И.* О геологических оболочках Земли как планеты (1942) // Избр. соч.: в 5 т. Т. 4. Кн. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 90–102.
- Вернадский В.И.* Водное равновесие земной коры и химические элементы (1933) // Избр. соч.: в 5 т. Т. 4. Кн. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 630–636.
- Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987. 339 с.
- Виноградов А.П.* Геохимия // Краткая химическая энциклопедия. Т. 1. М.: Советская энциклопедия, 1961. С. 1262.
- Всеволожский В.А.* Основы гидрогеологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 351 с.
- Вундцеттель М.Ф.* Гидрология (учение о гидросфере). Астрахань: Изд-во Астрахан. гос. техн. ун-та, 2003. 196 с.
- Гавриленко Е.С., Дергольц В.Ф.* Глубинная гидросфера Земли. Киев: Наукова думка, 1971. 272 с.
- Гольдшмидт В.М.* Геохимия // В.М. Гольдшмидт. Сб. ст. по геохимии редких элементов. М.; Л.: Гос. объедин. научно-техн. изд-во народного комиссариата тяжелой промышленности СССР, 1938. С. 7–38.
- Иванов С.Н.* Вероятная природа главных сейсмических границ в земной коре континентов // Геотектоника. 1994. № 3. С. 3–11.
- Калесник С.В.* Общие географические закономерности Земли. М.: Мысль, 1970. 283 с.
- Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н.* Общая гидрогеология. Л.: Недра, 1988. 359 с.
- Клиге Р.К.* Гидросфера // Большая Российская энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 2007. С. 100–101.
- Клиге Р.К., Данилов Х.Х., Конищев В.Н.* История гидросферы. М.: Научный мир, 1998. 368 с.
- Лукашевич И.Д.* Неорганическая жизнь Земли. Ч. 3: Строение Земли в связи с ее историей. СПб.: Типография первой трудовой артели, 1911. 629 с.
- Львович М.И.* Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.
- Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А.* Общая гидрология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 463 с.
- Овчинников А.М.* Гидрогеохимия. М.: Недра, 1970. 199 с.
- Орленок В.В.* Глобальный вулканизм и океанизация Земли и планет. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. 196 с.
- Павлов А.Н.* Системная модель подземной гидросферы // Подземные воды и эволюция литосферы. М.: Наука, 1985. Т. 1. С. 139–150.
- Соколов А.А.* Гидросфера // Большая советская энциклопедия. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия. 1971. Т. 6. С. 500.
- Степанов В.Н.* Океаносфера. М.: Мысль, 1983. 270 с.
- Тарасов В.И.* Гидросфера. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. 156 с.
- Толстой М.П., Швецов П.Ф.* Еще раз о гидросфере и ее границах // Известия АН СССР. Сер. географическая. 1977. № 3. С. 90–93.
- Федосеев И.А.* История изучения основных проблем гидросферы. М.: Наука, 1975. 208 с.
- Чеботарев А.И.* Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.
- Эдельштейн К.К.* Структурная гидрология суши. М.: ГЕОС, 2005. 316 с.
- Яблоков В.А.* Учение о гидросфере. Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. архитектурно-строит. ун-та, 2016. 90 с.
- Яцык А.В., Шмаков В.М.* Гидроэкология. Киев: Урожай, 1992. 192 с.
- Araya Y.N.* Hydrosphere, *Water Encyclopedia*, USA, J. Wiley & Sons, 2005, DOI: 10.1002/047147844X.me216.
- Электронный ресурс*  
Hydrosphere, *Encyclopedia Britannica*, 2023, URL: [www.britannica.com/science/hydrosphere](http://www.britannica.com/science/hydrosphere) (дата обращения 10.02.2023).

Поступила в редакцию 20.12.2022  
После доработки 12.05.2023  
Принята к публикации 24.05.2023

## ON THE LOGICAL FOUNDATIONS OF DIFFERENT INTERPRETATIONS OF THE “HYDROSPHERE” CONCEPT

V.S. Savenko

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geology and Mineralogy, Professor; e-mail: alla\_savenko@rambler.ru*

The logical foundations of different interpretations of the fundamental “hydrosphere” concept, widely used in the Earth sciences, are discussed. Five principal interpretations of the hydrosphere notion were identified: the World Ocean; the World Ocean and all surface land waters; all surface and ground waters on the Earth; all surface and ground waters, as well as waters of the atmosphere, including atmospheric moisture; all forms of water present on the planet. Based on the concept of the phase-shell structure of the Earth, it is logically most reasonable to define the hydrosphere as a shell of the Earth, which embraces all water bodies located between the atmosphere and the lithosphere (the World Ocean, lakes, rivers, swamps, temporary and permanent snow and ice cover). The hydrosphere does not include water vapor in the atmosphere and groundwater, which are components of other geospheres, i.e. the atmosphere and the lithosphere, respectively.

**Keywords:** geospheres, shells of the Earth, terminology, logic, deduction

### REFERENCES

- Araya Y.N. Hydrosphere, *Water Encyclopedia*, USA, J. Wiley & Sons Publ., 2005, DOI: 10.1002/047147844X.me216.
- Chebotaev A.I. *Gidrologicheskii slovar'* [Hydrological dictionary], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1978, 308 p. (In Russian)
- Edel'shtein K.K. *Strukturnaya gidrologiya sushy* [Structural hydrology of land], Moscow, GEOS Publ., 2005, 316 p. (In Russian)
- Fedoseev I.A. *Istoriya izucheniya osnovnykh problem gidrosfery* [History of the study of the main hydrosphere problems], Moscow, Nauka Publ., 1975, 208 p. (In Russian)
- Gavrilenko E.S., Derpgol'ts V.F. *Glubinnaya gidrosfera Zemli* [Earth's deep hydrosphere], Kiev, Naukova Dumka Publ., 1971, 272 p. (In Russian)
- Gol'dshmidt V.M. [Geochemistry], *V.M. Gol'dshmidt. Sb. Statej po geokhimii redkikh elementov* [Collection of Articles on the Geochemistry of Rare Elements], Moscow, Leningrad, State United Sci. and Tech. Publ. House of the People's Commissariat of Heavy Industry of the USSR, 1938, p. 7–38. (In Russian)
- Ivanov S.N. Veroyatnaya priroda glavnykh seismicheskikh granits v zemnoi kore kontinentov [The probable nature of the main seismic boundaries in the earth's crust of the continents], *Geotektonika*, 1994, no. 3, p. 3–11. (In Russian)
- Kalesnik S.V. *Obshchie geograficheskie zakonomernosti Zemli* [Geographic generalities of the Earth], Moscow, Mysl' Publ., 1970, 283 p. (In Russian)
- Kiryukhin V.A., Korotkov A.I., Pavlov A.N. *Obshchaya gidrogeologiya* [General hydrogeology], Leningrad, Nedra Publ., 1988, 359 p. (In Russian)
- Klige R.K. [Hydrosphere], *Bol'shaya Rossijskaya Entsiklopediya* [Great Russian Encyclopedia], Moscow, Bol'shaya Ros. Entsikl. Publ., 2007, p. 100–101. (In Russian)
- Klige R.K., Danilov Kh.Kh., Konishchev V.N. *Istoriya gidrosfery* [History of the hydrosphere], Moscow, Nauchnyi Mir Publ., 1998, 368 p. (In Russian)
- L'vovich M.I. *Mirovye vodnye resursy i ikh budushee* [Global water resources and their future], Moscow, Mysl' Publ., 1974, 448 p. (In Russian)
- Lukashevich I.D. *Neorganicheskaya zhizn' Zemli. Ch. 3. Stroenie Zemli v svyazi s ee istoriei* [Inorganic life of the Earth. Part 3. The structure of the Earth in connection with its history], Saint Petersburg, Tipografiya Pervoi Trudovoi Arteli Publ., 1911, 629 p. (In Russian)
- Mikhailov V.N., Dobrovol'skii A.D., Dobrolyubov S.A. *Obshchaya gidrologiya* [General hydrology], Moscow, Moscow State Univ. Publ., 2005, 463 p. (In Russian)
- Orljonok V.V. *Global'nyj vulkanizm i okeanizacija Zemli i planet* [Global volcanism and oceanization of the Earth and planets], Kaliningrad, I. Kant Russian State Univ. Publ., 2010, 196 p. (In Russian)
- Ovchinnikov A.M. *Gidrogeokhimiya* [Hydrogeochemistry], Moscow, Nedra Publ., 1970, 199 p. (In Russian)
- Pavlov A.N. *Sistemnaya model' podzemnoi gidrosfery* [System model of the underground hydrosphere], *Groundwater and the Evolution of the Lithosphere*, Moscow, Nauka Publ., 1985, vol. 1, p. 139–150. (In Russian)
- Sokolov A.A. [Hydrosphere], *Bol'shaya Sovetskaya Entsiklopediya* [Great Soviet Encyclopedia], 3rd edition, Moscow, Sov. Entsikl. Publ., 1971, vol. 6, p. 500. (In Russian)
- Stepanov V.N. *Okeanosfera* [Oceanosphere], Moscow, Mysl' Publ., 1983, 270 p. (In Russian)
- Tarasov V.I. *Gidrosfera* [Hydrosphere], Vladivostok, Dal'nevost. Univ. Publ., 1990, 156 p. (In Russian)
- Tolstoy M.P., Shvetsov P.F. Eshche raz o gidrosfere i ee granitsakh [Once again about the hydrosphere and its boundaries], *Izvestiya AN SSSR, ser. Geograficheskaya*, 1977, no. 3, p. 90–93 (In Russian)
- Vernadskii V.I. [On the geological shells of the Earth as a planet (1942)], *Vernadskii V.I. Izbrannye Sochineniya* [Selected works], vol. 4, book 1, Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1959, p. 90–102. (In Russian)
- Vernadskii V.I. [Water balance of the earth's crust and chemical elements (1933)], *Vernadskii V.I. Izbrannye Sochineniya* [Selected works], vol. 4, book 2, Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1960, p. 630–636. (In Russian)

- Vernadskii V.I. *Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i yeyo okruzheniya* [Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment], Moscow, Nauka Publ., 1987, 339 p. (In Russian)
- Vinogradov A.P. [Geochemistry], *Kratkaya khimicheskaya entsiklopediya* [Brief Chemical Encyclopedia], Moscow, Sov. Entsikl. Publ., 1961, vol. 1, p. 1262. (In Russian)
- Vsevolozhskii V.A. *Osnovy gidrogeologii* [Fundamentals of hydrogeology], Moscow, Moscow State Univ. Publ., 1991, 351 p. (In Russian)
- Vundtsettel' M.F. *Gidrologiya (uchenie o gidrosfere)* [Hydrology (the doctrine of the hydrosphere)], Astrakhan, Astrakhan State Tech. Univ. Publ., 2003, 196 p. (In Russian)
- Yablokov V.A. *Uchenie o gidrosfere* [The doctrine of the hydrosphere], Nizhnii Novgorod, Nizh. Novg. State Univ. of Architecture and Civil Engineering Publ., 2016, 90 p. (In Russian)
- Yatsyk A.V., Shmakov V.M. *Gidroekologiya* [Hydroecology], Kiev, Urozhai Publ., 1992, 192 p. (In Russian)
- Web source*  
Hydrosphere, *Encyclopedia Britannica*, 2023, URL: [www.britannica.com/science/hydrosphere](http://www.britannica.com/science/hydrosphere) (access date 10.02.2023).

Received 20.12.2022

Revised 12.05.2023

Accepted 24.05.2023

УДК 911.3:33

## ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МИРОВОГО РЫНКА КОФЕ (В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI В.)

Д.В. Заяц<sup>1</sup>, А.С. Петрова<sup>2</sup>, Т.Х. Ткаченко<sup>3</sup>

<sup>1–3</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства*

<sup>1</sup> *Московский педагогический государственный университет, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии*

<sup>1</sup> Доц., канд. геогр. наук; e-mail: [ethnogeo@mail.ru](mailto:ethnogeo@mail.ru)

<sup>2</sup> Аспирант; e-mail: [anyakk34@yandex.ru](mailto:anyakk34@yandex.ru)

<sup>3</sup> Доц., канд. геогр. наук; e-mail: [maryasha\\_t@mail.ru](mailto:maryasha_t@mail.ru)

Статья посвящена анализу масштаба и причин сдвигов в региональной структуре одного из крупных отраслевых рынков – мирового рынка кофе. В числе факторов, обусловивших высокую динамику мирового спроса на кофе за указанный период, рассмотрены рост благосостояния населения в мире, особенно быстрый в развивающихся странах, значительно опережающих по темпам роста потребления кофе «традиционные» рынки развитых стран, а также факторы инноваций в технологиях производства кофе, продолжающийся рост урбанизации населения, сдвиги в структуре видов трудовой деятельности населения в сторону увеличения доли умственного труда, представители которого характеризуются повышенными показателями потребления кофе, фактор роста спроса на более дорогую и качественную продукцию, фактор усиления «статусной» роли потребления кофе. Рассмотрена региональная структура потребления кофе, формирующаяся под воздействием указанных факторов. Соответственно развитию спроса идут значительные сдвиги в сфере предложения, показано, что самую значительную трансформацию региональная структура предложения испытала в товарном сегменте зеленого кофе: основные кофейнопроизводящие регионы мира поменялись местами – резко возросла доля Азии и сократилась доля Африки. Показано, что сильно возросло присутствие Азии и в двух остальных основных товарных сегментах – жареного и растворимого кофе. В целом показанный «азиатский» сдвиг на кофейном рынке может служить эмпирическим обоснованием сущности нынешнего хозяйственно-географического перехода.

**Ключевые слова:** динамика и факторы спроса на кофе, зеленый кофе, кофейная продукция, производство и торговля кофе

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.2

### ВВЕДЕНИЕ

Мирохозяйственная пространственная структура, как она была представлена в виде взаимодействующих геоэкономических регионов [Мироненко, Гитер, 2013], на современном этапе переживает существенные сдвиги, меняется в сторону усиления и перехода «центра тяжести» в сторону Азиатского региона. Доказательство этого макрогеографического сдвига невозможно без исследований по изменениям географии отдельных отраслей и рынков.

В настоящее время в социально-экономической географии активизируются исследования, связанные с фундаментальными и ключевыми отраслями экономики. Но есть целый ряд отраслей и сфер деятельности, «наполняющих» и дифференцирующих

экономическую систему, удовлетворяющих важные потребности общества, которые остаются без приоритетного внимания научного сообщества. Одной из таких относительно малоизученных в экономико-географических исследованиях областей является мировой рынок кофе.

Последние десятилетия стали для него периодом больших изменений: в 1990–2020 гг. трансграничная торговля кофе (всех форм, т. е. зеленого, жареного, растворимого) увеличилась почти в 4 раза, достигнув 38,5 млрд долл.<sup>1</sup> Мировой рынок кофе, включающий доходы всех участников цепочки до-

<sup>1</sup> Рассчитано авторами на основе торговой статистики [International Trade Centre, 2023].

бавленной стоимости, оценивался в 126 млрд долл. в 2022 г. [Expert Market Research, 2022]. При этом значительная доля доходов в кофейном секторе генерируется в сфере услуг.

В мировой торговле тропическими тонизирующими напитками на кофе в настоящее время приходится наибольшая часть (около 70% по стоимости), продажи кофе в мире превышают продажи какао в 3,5 раза, а продажи чая – в 5,5 раз. Кроме того, с 2000 г. торговля кофейной продукцией росла наиболее быстрыми темпами со среднегодовыми значениями 3,8% (для сравнения, среднегодовые темпы прироста рынка чая за этот период – 2%, рынка какао – 1,7%) [FAOSTAT, 2020]. Сейчас кофе является одним из самых употребляемых напитков в мире. Согласно статистике Всемирной кофейной организации, ежедневно в мире выпивается более 2,2 млрд чашек кофе [International Coffee Organization, 2020].

Кофейная индустрия имеет давнюю историю, однако наиболее динамично она стала развиваться именно с 1990-х – начала 2000-х гг., что связано с формированием особой потребительской культуры. В этот период развитие рынка происходило весьма неравномерно как по основным его товарным сегментам, так и в региональном разрезе, что ознаменовалось значительными сдвигами в региональной структуре.

Значимость географического анализа отдельных продуктовых рынков и его результатов следует оценивать и с точки зрения вклада в эмпирическое обоснование сущности нынешнего хозяйственно-географического перехода. На дефицит эмпирических подтверждений в оценках роли глобализации в мировом хозяйстве, в оценках сущности изменений в пространственной конфигурации мира указывал еще Н.С. Мироненко [Мироненко, 2013]. Цель исследования – оценка масштабности пространственных сдвигов и их движущих факторов, выявление новой географической картины мирового кофейного рынка.

Мировой кофейный рынок представляет собой сложный и многоуровневый комплекс, охватывающий три сектора экономики. В него входят: 1) процесс выращивания кофе как сельскохозяйственной культуры (первичный сектор); 2) промышленная обработка кофе как часть пищевой промышленности (вторичный сектор); 3) дистрибуция кофе и деятельность кофеен (третичный сектор). Таким образом, кофейная отрасль может рассматриваться в разных научных полях: как часть географии сельского хозяйства, промышленности и сферы услуг. Кроме того, на потребление кофе оказывают влияние социальные и культурные факторы.

В парадигме агрогеографии культура кофе и другие тонизирующие культуры исследовались И.А. Витвером (1940–1950-е) [Витвер, 1963], А.Н. Ракитниковым (1960-е) [Ракитников, 1965, 1970, 2003], В.Г. Крючко-

вым [Крючков, 1978, 1990, 1998], Т.Г. Нефедовой [Нефедова, 1990], А.И. Даньшиным [Даньшин, 2014], А.С. Наумовым и И.М. Кузиной [Кузина, 2004; Кузина, Наумов, 2004; Наумов, 2012].

В современной отечественной географической литературе преобладают работы по экономической оценке кофейного рынка или отдельных его элементов. Из них можно выделить работы Е.В. Смоленцевой, рассматривающей мировой рынок кофе в разных аспектах (производство, экспорт и импорт в стоимостных и натуральных показателях) [Смоленцева, 2019а, 2019б, 2019в]. Систематизацией базовых понятий мирового рынка кофе занимались И.А. Серебряник и Д.М. Золотухина [Серебряник, Золотухина, 2015]. Л.Б. Винничек, Ю.А. Кафтулина и В.Н. Батова исследовали проблемы и перспективы развития мирового рынка кофе [Винничек и др., 2017].

В зарубежной литературе, наряду с экономическими обзорами отрасли, заметны работы, посвященные выявлению этапов развития кофейной индустрии, например о «волнах» в развитии кофейного рынка [Rothgeb Skeie, 2003], об изменении характера цепочек добавленной стоимости кофе и трех сегментах рынка кофе [Samper et al., 2017].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве информационной базы исследования были использованы статистические данные, а также аналитические материалы и отчеты международных организаций (ICO, FAO, ITC, UN Comtrade), региональных и национальных сельскохозяйственных организаций (United States Department of Agriculture, USDA; European Coffee Federation, ECF; Brazil Specialty Coffee Association, BSCA), данные мировых рейтинговых агентств.

Мировой рынок кофе в последнее время испытал значительную трансформацию: долгое время основная часть кофе производилась в Южном полушарии, а потреблялась преимущественно в Северном. Такая пространственная структура соответствует двучленной модели мирового хозяйства: экономически развитый Север – развивающийся Юг. Эта модель дает общее представление о характере участия регионов в мировом кофейном рынке, но не в полной мере отражает его современное состояние.

Сегодня кофейный рынок имеет сложную региональную структуру, его участники значительно дифференцированы в разделении труда и потреблении. Для анализа в мире было выделено пять укрупненных регионов: 1) Латинская Америка; 2) Африка; 3) Азия и Океания; 4) Европа; 5) Северная Америка. Первые три из них в основном представляют Глобальный Юг, а два последние – Глобальный Север.

На кофейном рынке выделяют товарные сегменты зеленого, жареного и растворимого кофе. Каж-

дый из регионов имеет отличия в специализации на том или ином товарном сегменте, занимая особую нишу в цепочке создания стоимости конечного продукта. В результате сбора торговой, производственной и потребительской статистики по выбранным регионам и анализа динамики этих данных возможно выявить пространственные особенности трансформации глобального рынка кофе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мировое потребление кофе выросло за 1960–2020 гг. вдвое, причем в первой половине этого периода среднегодовые темпы роста составили 1,9%, а с 1990-х гг. увеличились до 2,2%. Прогноз Международной организации кофе показывает, что до 2030 г. мировое потребление кофе будет расти на 1–2% в год [Coffee Development Report, 2020].

Из сопоставления темпов роста потребления кофе и народонаселения (в среднем 1,2% в год) становится очевидно, что экспансия кофе происходит больше исходя из маркетинговых и культурных факторов, а не только чисто демографических. Рост потребления кофе в мире имеет выраженную корреляцию с *ростом покупательной способности населения и ВВП на душу населения*. Коэффициент корреляции этих показателей – 0,75 [Giuli, Pascucci, 2016]. Но сравнивая двукратный рост среднемирового душевого показателя ВВП с 1990 по 2019 г. с ростом среднемирового душевого потребления кофе за этот же период (лишь в 1,2 раза), можно утверждать, что и этот фактор роста не явился определяющим.

В эволюции кофейного рынка и развитии спроса важную роль *играли инновации в способах производства напитка*. Идея использовать кофемашину зародилась в Италии еще в начале XX в., но лишь с 1960-х гг. такая технология полностью оформилась. Напиток получали под высоким давлением (технология «эспрессо»). Во второй половине XX в. со стремлением ускорить и удешевить получение кофейного напитка появились технологии чалдового и капсульного кофе, предусматривающие фабричную расфасовку молотого кофе в одноразовые капсулы (алюминиевые или пластиковые) или чалды (из более экологичной бумажной упаковки) и последующего заваривания их в специальных капсульных кофемашинах. Это примеры технико-технологических инноваций, под влиянием которых потребление кофе быстро растет и расширяется.

Значительным фактором, требующим учета при анализе потребления, является *трансформация структуры потребления напитков*. Кофейная культура быстро проникает в страны, прежде относимые к типично «чайным». И хотя среднестатистическое

потребление кофе в них остается низким по сравнению с традиционно «кофейными» странами (США, Канада, страны Западной Европы, Япония и др.), темпы его роста в разы превосходят среднемировые показатели. Среднегодовые темпы роста потребления кофе в Китае за 2005–2019 гг. составляли 10,4, во Вьетнаме – 10,1, в Индонезии – 6,4%, в остальных странах Юго-Восточной Азии – 5,9%.

В современном информационном обществе в структуре видов трудовой деятельности наблюдаются *изменения в сторону быстрого увеличения доли умственного труда*. Люди, прилагающие большие умственные и творческие усилия, для повышения продуктивности трудовой деятельности в возрастающей степени стимулируют себя кофе. Наиболее велики показатели потребления кофе у офисных работников, занятых в сфере ИТ-технологий, веб-дизайна и т. п. [Rodrigues et al., 2021].

В прогнозы развития кофейного рынка часто включается в рассмотрение и фактор урбанизации: горожане потребляют кофе больше сельских жителей. Один из рыночных сигналов, подтверждающих эту взаимосвязь, – опережающий рост продаж «кофе с собой», особенно в крупных городах с их высоким ритмом жизни. Специалисты считают нишу торговли кофе навынос в крупных городах весьма перспективной для получения компанией прорывного результата на кофейном рынке.

Влияет на объем кофейного рынка в стоимостных показателях и опережающее увеличение спроса на продукцию более высокого качества. Маркирует этот процесс, например, быстро растущая популярность кофе повышенного качества – так называемого спешелти-кофе (specialty). Этот специализированный и наиболее дорогой сегмент кофейного рынка в настоящее время не превышает 5–10% от его общего объема [Coffee Guide, 2021], но имеет значительный потенциал роста. Например, в США к концу 2010-х гг. уже более 50% «кофейных» расходов потребителя шли на такой кофе.

К фактору увеличения спроса на более качественную и дорогую продукцию надо относить и такие явления кофейного потребительского рынка, как заметный рост потребления органических сортов кофе. Быстро возрастает популярность холодного кофе. Один из видов холодного кофе – cold brew – заливается холодной водой и настаивается определенное время. Потребители отмечают, что процесс холодного заваривания лучше раскрывает вкус и сохраняет качество кофе, поэтому почти 90% потребителей готовы платить высокую цену за кофе холодного заваривания.

Потребление кофе имеет ярко выраженную сезонность: оно выше в холодные сезоны года и ниже в теплые. Дифференциация продуктовой линейки

в части холодных кофейных напитков (на основе эспрессо или cold brew), которые потребляются в теплые сезоны года, способствует более равномерному потреблению кофе в течение года. И это обстоятельство расширяет географию его потребления: таким образом напиток проникает в страны с теплым климатом (экваториальные и тропические).

Учитывая отмечаемый экспертами процесс расширения спроса на продукцию более высокого качества от специализированных в стандартные сегменты рынка, очевидно, что на кофейном рынке наблюдается в известной мере «инверсивное» явление расширения спроса несмотря на повышение цены продукта. Частично это явление можно объяснять такой психологической особенностью человека, как желание продемонстрировать свой статус за счет потребления более дорогого продукта (эффект Веблена). Сам автор предположил, что степень проявления эффекта должна различаться в разных регионах.

Еще одна хорошо заметная тенденция – рост потребления кофе вне дома. Кофейни, как социальный институт, берут начало еще с середины XVI в., когда первые из них появились в Стамбуле. Турецкие кофейни были местом общения, встреч, ведения бесед на политические и философские темы. Да и сегодня кофейни, как, например, сеть кофеен Starbucks, представляют собой важные бизнес-локации, где люди проводят время, работают удаленно, назначают встречи, консультируются, знакомятся. Популярность такой формы дистрибуции кофе, а с ней и объемы потребления в целом растут. По прогнозам, к 2025 г. 84% расходов и 21% объемов потребления в сегменте кофе будут приходиться на потребление вне дома.

Вместе с тем развитие информационных технологий оказало значимое воздействие на потребление

кофе: с экспансией электронной коммерции вкуче с ростом популярности кофейных продуктов для домашнего применения (капсул, чалдов, пакетов, готовых к употреблению кофейных напитков) стимулируется потребление кофе. Этот сегмент получил импульс развития в период пандемии 2020–2021 гг., когда большинство мест общественного питания были закрыты для посещения.

Под воздействием перечисленных факторов развивается и региональная структура потребления кофе (табл.). В кофейной индустрии принято дифференцировать регионы на развитые (или традиционные) и развивающиеся кофейные рынки. С 1990 по 2016 г. доля «традиционных» регионов (Северная Америка, Европа, Япония) в мировом потреблении снизилась с 72 до 51%. Наивысших в мире показателей среднедушевого потребления кофе достигли страны Северной Европы (8–10 кг/чел., в Финляндии – около 12). Кофе становится все более популярным в Бразилии, Австралии, Новой Зеландии, Республике Корея и Сингапуре, где его среднегодовое потребление на душу населения уже превышает 4 кг. Общая численность населения этой группы стран составляет 1,6 млрд чел., а средний рост потребления кофе в них в 2000–2019 гг. достиг 1,8% в год. Рынки в этой группе стран в целом достигли состояния насыщения, и потенциал их дальнейшего роста ненамного превышает 1% в год.

В странах с развивающимися кофейными рынками проживает более 6,1 млрд чел., но потребление кофе на душу населения там по-прежнему относительно низкое (0,51 кг/год). При этом совокупный годовой темп прироста потребления в 2000–2019 гг. составлял 3,7%, что создает перспективы расширения рынка в будущем.

Таблица

**Региональная структура потребления кофе, 2020 г.**

Регион	Потребление кофе, тыс. мешков по 60 кг	Потребление кофе, % от мирового
Мир	166 347	100
Европа	54 065	33
Азия и Океания	36 503	22
Латинская Америка	32 544	20
Северная Америка	30 993	19
Африка	12 242	6

Источник: [International Coffee Organization, 2022].

В Юго-Восточной Азии потребление кофе в 1993–2017 гг. росло в среднем на 6% в год, что более чем в 3 раза превышает среднемировой показатель [International Coffee Organization, 2022]. Интенсивный рост характерен и для Ближнего Востока: в Саудовской Аравии импорт кофе в

2008–2019 гг. увеличился на 42,8%, в Турции – на 193%, в ОАЭ – на 249%. Высокая покупательная способность населения в сочетании с низким потреблением алкоголя создают идеальное сочетание для успешного и быстрого развития кофейного рынка.

Соответственно развитию спроса на мировом кофейном рынке идут значительные трансформации предложения, первой ступенью анализа которого соответственно ступеням формирования цепочки создания стоимости становится анализ изменений в производстве и торговле зеленым кофе.

Зеленый кофе – сырье для производства жареного и растворимого кофе, другой кофейной продукции. Оно получается в результате послеуборочной обработки спелых кофейных ягод. Производство зеленого кофе в мире за 1990–2020 гг. возросло почти в 2 раза, достигнув 10,7 млн т. При этом стоимостные показатели увеличились за тот же период в 2,4 раза – с 8,1 до 19,4 млрд долл.

Кофейное дерево – тропическая культура, регионы его произрастания ограничиваются зоной от Северного до Южного тропика. Эту зону принято выделять как кофейный пояс Земли, в его пределах расположены основные страны-производители кофе. В состав этого пояса входят несколько

географически обособленных кофейных регионов. За последние несколько десятилетий произошли мощные сдвиги в пространственной структуре производства зеленого кофе. В Азиатском регионе оно выросло за 30 лет почти в 4 раза, в то время как в Латинской Америке рост составил 1,6 раза, а в Африке объем сбора зеленого кофе изменился незначительно (рис. 1). Доля Азии в сборах за указанный период выросла с 14 до 31% (теперь это второй регион по объемам производства), сократились доли Африканского (с 21 до 12%) и Латиноамериканского (с 64 до 57%) регионов. В Азии в наибольшей степени расширили производство зеленого кофе Вьетнам, Лаос, Китай и Мьянма (прирост более 500%). Особенно поразительна динамика Вьетнама. Еще три десятилетия назад это государство было фактически неизвестно на мировом кофейном рынке. За короткий срок с конца 1990-х гг. Вьетнам вышел на вторую позицию по производству кофе в мире.

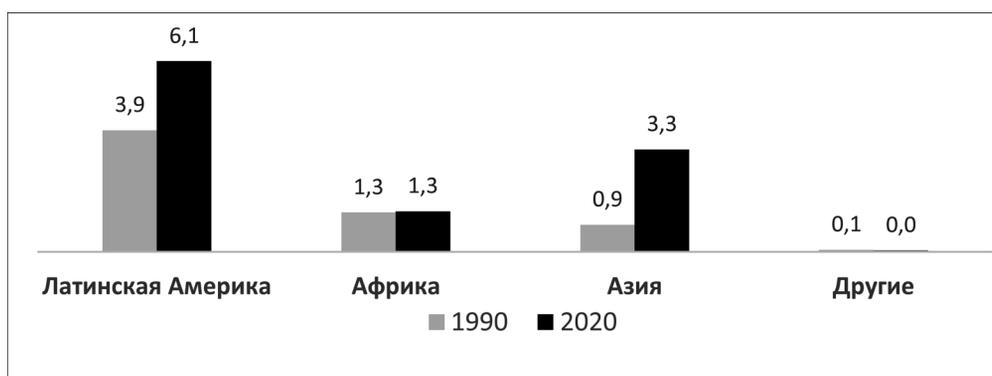


Рис. 1. Динамика производства зеленого кофе в 1990–2020 гг. по макрорегионам, млн т [FAOSTAT, 2022]

Fig. 1. Dynamics of green coffee production in 1990–2020 by macro-regions, million tons [FAOSTAT, 2022]

Три главных кофейнопроизводящих региона выделяются на мировой арене и по объему экспорта (рис. 2). Суммарно на них приходится около 90% мирового экспорта кофе. В число других (10%) входят в основном регионы, которые занимаются реэкспортом зеленого кофе (Европа, Северная Америка). Важно, что на мировой кофейный рынок поставляется всего около 70% произведенного кофе, а 30% идет на внутреннее потребление. Доля экспорта в разных кофейнопроизводящих регионах не сильно различается и колеблется в пределах от 60,2% в Азиатском регионе и 61,2% в Африканском до 69% в Латиноамериканском. На фоне усредненных показателей регионов более высокой экспортностью выделяются Вьетнам (свыше 90%) и Колумбия (85%), а более низкой – Бразилия (около 60%).

Резко противоположна экспорту региональная структура импорта зеленого кофе: 75% всего пото-

ка направляется в Европу и Северную Америку. На Африку приходится 4% общемирового импорта, а на Латинскую Америку – всего 2%. Регионом, выступающим на международном уровне и экспортером, и импортером зеленого кофе, является Азия, крайне разнообразная по своей структуре (сочетает развитые и развивающиеся страны, лежащие в «кофейном поясе» и за его пределами, с развитыми и неразвитыми рынками потребления). Анализ региональной структуры торговли зеленым кофе свидетельствует о наличии закрепленной «сырьевой» специализации Латинской Америки.

Не менее значительны трансформации в региональной структуре производства и торговли кофейной продукцией. За последние 30 лет этот международный рынок увеличился в 7 раз и достиг 2,6 млн т в натуральном выражении. Стоимостные показатели выросли с 1,7 млрд долл. до 19,1 млрд долл. (в 11 раз).

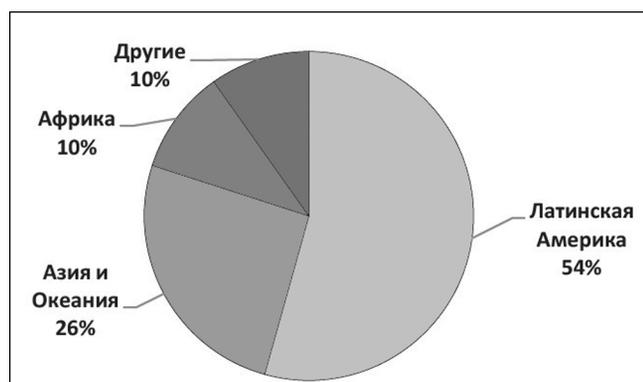


Рис. 2. Структура экспорта зеленого кофе по макрорегионам (в % от общемирового экспорта), 2020 г. [FAOSTAT, 2022]

Fig. 2. Structure of green coffee exports by macro regions (% of global exports), 2020 [FAOSTAT, 2022]

Производство жареного и растворимого кофе традиционно сосредоточено в развитых европейских странах, а также в США, Японии, Республике Корея, России и некоторых развивающихся странах Азии. Такая пространственная структура определяется в первую очередь близостью к потребителю и основным рынкам сбыта, а также необходимостью обеспечения значительных внутренних потребностей этих стран.

Начало формирования мирового рынка жареного кофе относят примерно к середине 1980-х гг., когда в мировую торговлю включились развитые страны, ранее только завозившие зеленый кофе и осуществлявшие обжарку и производство готовой кофейной продукции преимущественно «для себя». В 2019 г. свыше половины мирового экспорта жареного кофе приходилось на ведущие европейские страны (на Италию – 18,7% от мира, Германию – 18,6, Нидерланды – 8,0, Швейцарию – 6,2%).

Выявлены значительные региональные диспропорции в развитии рынка кофейной продукции. За рассматриваемый период экспорт кофейной продукции из Азии вырос в 48 раз, причем основная часть этого роста была обеспечена за счет увеличения производства растворимого кофе (рис. 3).

Динамичный рост кофейного сектора в странах Азии обеспечен благодаря нескольким факторам:

- рост спроса на кофе в мире (на 11%) и регионе (на 14%);
- увеличение потребления кофе в развивающихся странах Азии (по причинам роста населения и его доходов, культурной трансформации);
- приток иностранных инвестиций в отрасль (прежде всего из стран Европы);
- более низкие производственные издержки.

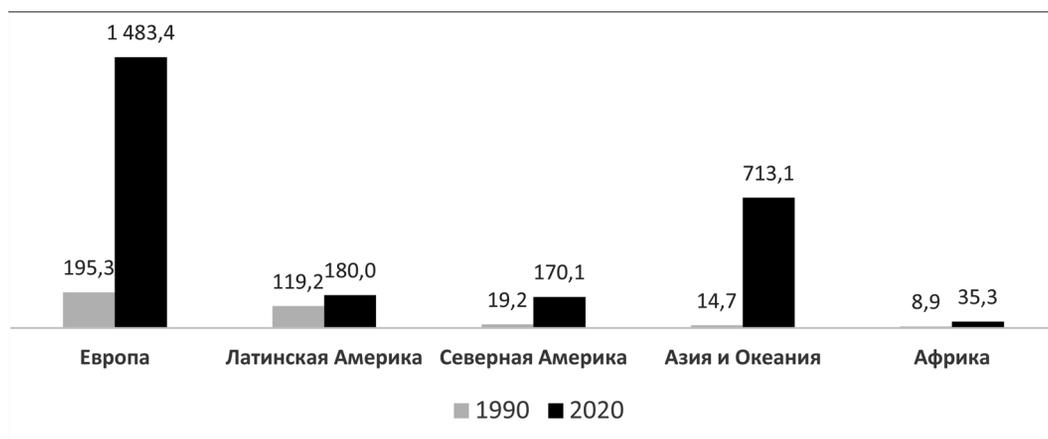


Рис. 3. Динамика экспорта кофейной продукции в 1990–2020 гг. по макрорегионам, млн т [FAOSTAT, 2022]

Fig. 3. Dynamics of export of coffee products in 1990–2020 by macro-regions, million tons [FAOSTAT, 2022]

Неравномерность роста кофейной отрасли привела к трансформации ее региональной структуры: ускоренными темпами развивается Азиатский регион, доля которого в экспорте кофейной продукции возросла с 4 до 28%; за то же время продажи продукции Европы и Северной Америки выросли всего на два процентных пункта, доля Африки уменьшилась на два процентных пункта, а доля Латинскоамериканского региона сократилась с 33 до 7% (рис. 4).

## ВЫВОДЫ

Последние три десятилетия ознаменовались ростом и мощными сдвигами в пространственной структуре мирового кофейного рынка, произошедшими в результате изменения соотношения спроса и предложения кофе на мировой арене. Спрос на кофе в мире постоянно возрастает под влиянием группы факторов, таких как рост численности и благосостояния населения, внедрение новых технологий, рост

числа занятых умственным трудом, процессы урбанизации, дифференциация кофейных продуктов, развитие культуры потребления кофе вне дома, сила и значимость которых разная в разных регионах.



Рис. 4. Структура экспорта кофейной продукции по макрорегионам (в % от общемирового экспорта), 2020 г. [FAOSTAT, 2022]

Fig. 4. Structure of exports of coffee products by macro-regions (% of global exports), 2020 [FAOSTAT, 2022]

Спрос на кофе и его динамика имеют явно выраженную региональную дифференциацию. Если раньше основными потребителями были развитые страны (прежде всего страны Европы и Северной Америки), то ныне самые высокие темпы роста потребления характерны для Азиатского региона, доля которого в мировой структуре выросла до 22%.

Предложение на мировом кофейном рынке формируется на базе трех основных товарных сегментов – зеленого, жареного и растворимого кофе. За последние 30 лет производство зеленого кофе выросло почти в 2 раза, сопровождаясь при этом масштабными сдвигами в региональной структуре. Основные кофейнопроизводящие регионы мира поме-

нялись местами: доля Азии выросла с 14 до 31%, сократились доли Африки (с 21 до 12%) и Латинской Америки (с 64 до 57%).

Международный рынок кофейной продукции (жареного и растворимого кофе) увеличился за последние 30 лет в 7 раз. Асимметрия региональной динамики производства и экспорта привела к значительной трансформации пространственной структуры. Доля Азиатского региона в экспорте выросла с 4 до 28%, в то же время доли Европы и Северной Америки увеличились незначительно (соответственно с 55 до 57% и с 5 до 7%), доли Африки и Латинской Америки сократились.

Таким образом, главной тенденцией региональной трансформации мирового кофейного рынка за последние десятилетия является усиление присутствия Азиатского региона как на рынке в целом, так и по его основным товарным сегментам. Проведенный анализ выступает эмпирическим подтверждением совершающемуся хозяйственно-географическому переходу, меняющему пространственную конфигурацию мира. Этот переход в рамках рассмотренной в исследовании глобальной кофейной отрасли затрагивает все секторы экономики: первичный (доля Азии в производстве зеленого кофе возросла в 2 раза за 1990–2020 гг.), вторичный (доля стран Азии в экспорте обжаренного кофе увеличилась в 2,5 раза) и третичный (число торговых точек реализации кофе выросло многократно). Важным является и то обстоятельство, что Азиатский регион укрепляет свои позиции не только в производстве, но и в потреблении кофе. Кофейная культура, приходящая в страны Глобального Юга из развитых государств, воспринимается населением, особенно городским, как «проводник» в общество преуспевания, успеха, богатства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Витвер И.А. Историко-географическое введение в экономическую географию зарубежного мира. М., 1963. 366 с.
- Даньшин А.И. Современные тренды и приоритетные направления развития отечественной агрогеографии // Региональные исследования. 2014. № 4. С. 17–27.
- Крючков В.Г. Территориальная организация сельского хозяйства. М.: Мысль, 1978. 264 с.
- Крючков В.Г. Экономико-географические аспекты территориальной организации хозяйства в сельской местности // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1990. № 5. С. 3–92.
- Крючков В.Г. Техничко-экономические основы сельскохозяйственного производства. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 105 с.
- Кузина И.М. Эволюция сельской местности и меняющаяся география аграрного сектора // География, общество, окружающая среда. 2004. № 5. С. 347–383.
- Кузина И.М., Наумов А.С. Агрогеография мира: учебно-метод. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.
- Мироненко Н.С. О несоответствии уровня эмпирических обобщений требованиям развития географии мирового хозяйства // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2013. № 2. С. 36–48.
- Мироненко Н.С., Гитер Б.А. Мирохозяйственный переход в начале XXI века: макротехнологические и пространственные трансформации // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2013. № 2. С. 12–18.
- Наумов А.С. Современное развитие районов специализированного земледелия в зарубежных странах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2012. № 2. С. 40–48.
- Нефедова Т.Г. Проблемы природопользования: методологические подходы к изучению, картографиро-

- ванию, районированию // Известия АН СССР, сер. геогр. 1990. № 4. С. 71–84.
- Ракитников А.Н. Сельскохозяйственное районирование // География СССР. Вып. 2. Экономическое районирование СССР. М., 1965. С. 104–119.
- Ракитников А.Н. География сельского хозяйства. М., 1970. 249 с.
- Ракитников А.Н. Избранные труды. Смоленск, 2003. 471 с.
- Серебряник И.А., Золотухина Д.М. Мировой рынок кофе: базовые понятия // Theoretical & Applied Science. 2015. № 11. С. 23–25.
- Giuli M., Pascucci F. Il ritorno alla competitività dell'espresso Italiano, Milano, Franco Angeli, 2016, 442 p.
- Rodrigues C.F., Raposo H., Pegado E., Fernandes A.I. Coffee in the Workplace: A Social Break or a Performance Enhancer? *Med. Sci. Forum.*, 2021, no. 5, p. 44.
- Электронные ресурсы*
- Винничек Л.Б., Кафтулина Ю.А., Батова В.Н. Тенденции и проблемы развития мирового рынка кофе // Московский экономический журнал. 2017. № 1. URL: <https://qje.su/selskohozyajstvennyye-nauki/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2017-15/> (дата обращения 14.01.2022).
- Смоленцева Е.В. Мировой экспорт и импорт кофе // Московский экономический журнал. 2019а. № 7. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-59/?print=print> (дата обращения 04.09.2021).
- Смоленцева Е.В. Производство кофе как элемент мирового рынка кофе // Московский экономический журнал. 2019б. № 7. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-60/> (дата обращения 16.06.2022).
- Смоленцева Е.В. Кофейные плантации как фактор, определяющий производство кофе в мире // Московский экономический журнал. 2019в. № 7. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-58/> (дата обращения 04.06.2022).
- Coffee Development Report, 2020, International Coffee Organization, URL: <https://www.icocoffee.org/wp-content/uploads/2022/11/CDR2020.pdf> (дата обращения 17.09.2022).
- Expert Market Research, Coffee Market Report, 2022, URL: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/coffee-market/requestsampl> (дата обращения 18.02.2023).
- FAOSTAT, URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/TP> (дата обращения 11.07.2022).
- International Coffee Organization, URL: <https://ico.org> (дата обращения 17.09.2022).
- International Trade Centre, International trade statistics (Trade map), URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (дата обращения 11.01.2023).
- Rothgeb Skeie T. Norway and Coffee, The Flamekeeper, Newsletter of the Roasters Guild. Spring 2003, URL: [https://www.roastersguild.org/052003\\_norway3.shtml](https://www.roastersguild.org/052003_norway3.shtml) (дата обращения 14.01.2023).
- Samper L.F., Giovannucci D., Marques Vieira L. The powerful role of intangibles in the coffee value chain, Economic Research Working Paper, 2017, no. 39, URL: [https://www.researchgate.net/publication/321184182\\_The\\_powerful\\_role\\_of\\_intangibles\\_in\\_the\\_coffee\\_value\\_chain](https://www.researchgate.net/publication/321184182_The_powerful_role_of_intangibles_in_the_coffee_value_chain) (дата обращения 15.09.2022).
- The Coffee Guide 2021, URL: <https://intracen.org/media/file/5718> (дата обращения 11.01.2023).

Поступила в редакцию 13.04.2023

После доработки 15.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## TRANSFORMATION OF THE REGIONAL STRUCTURE OF THE WORLD COFFEE MARKET (THE END OF THE 20<sup>TH</sup> – BEGINNING OF THE 21<sup>ST</sup> CENTURY)

D.V. Zayats<sup>1</sup>, A.S. Petrova<sup>2</sup>, T.Kh. Tkachenko<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy

<sup>1</sup> Moscow State Pedagogical University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography

<sup>1</sup> Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: [ethnogeo@mail.ru](mailto:ethnogeo@mail.ru)

<sup>2</sup> Post-graduate student; e-mail: [anyakk34@yandex.ru](mailto:anyakk34@yandex.ru)

<sup>3</sup> Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: [maryasha\\_t@mail.ru](mailto:maryasha_t@mail.ru)

The article analyses the scale and causes of shifts in the regional structure of a major industry market, i. e. the world coffee market. Among the factors that determined high dynamics of the global demand for coffee over the specified period, the growth of well-being of the world population is considered, which is especially fast in developing countries, significantly outpacing the “traditional” markets of developed countries in terms of the coffee consumption growth. Other factors considered are innovations in coffee production technologies, the continuing growth of the urbanization of the population, shifts in the structure of the types of labor activity of the population towards larger share of mental labor, whose representatives are characterized by increased rates of coffee consumption, the growing demand for more expensive and high-quality products, and the strengthening “status” role of coffee consumption. The regional structure of coffee consumption, which is formed under the influence of these factors, is considered. In line with the evolution of demand, there are significant shifts in the supply sphere; it is shown that the regional supply structure has experienced the most

significant transformation in the green coffee commodity segment: the main coffee-producing regions of the world have changed their places – the share of Asia has sharply increased and the share of Africa has decreased. It is shown that Asia has also significantly increased its role in the other two main product segments, i.e. roasted and instant coffee. In general, the demonstrated “Asian” shift in the coffee market could evidence the essence of the current economic and geographical transition.

**Keywords:** dynamics and factors of demand for coffee, green coffee, coffee products, coffee production and trade

## REFERENCES

- Danshin A.I. Sovremennyye trendy i prioritnyye napravleniya razvitiya otechestvennoy agrogeografii [Contemporary trends and priorities within the progress of domestic agricultural geography], *Regional'nye issledovaniya*, 2014, no. 4, p. 17–27. (In Russian)
- Giuli M., Pascucci F. *Il ritorno alla competitività dell'espresso Italiano*, Milano, Franco Angeli, 2016, 442 p.
- Krjuchkov V.G. Ekonomiko-geograficheskie aspekty territorial'noj organizacii hozjajstva v sel'skoj mestnosti [Economic and geographical aspects of the territorial organization of the economy in rural areas], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 1990, no. 5, p. 3–92. (In Russian)
- Krjuchkov V.G. *Tehniko-ekonomicheskie osnovy sel'skoho-zajstvennogo proizvodstva* [Technical and economic bases of agricultural production], Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta Publ., 1998, 105 p. (In Russian)
- Krjuchkov V.G. *Territorial'naja organizacija sel'skogo hozjajstva* [Territorial organization of agriculture], Moscow, Mysl' Publ., 1978, 264 p. (In Russian)
- Kuzina I.M. Evoljucija sel'skoj mestnosti i menjajushhajasja geografija agrarnogo sektora [The evolution of rural areas and the changing geography of the agricultural sector], *Geografija, obshhestvo, okružhajushhaja sreda*, 2004, no. 5, p. 347–383. (In Russian)
- Kuzina I.M., Naumov A.S. *Agrogeografija mira* [Agricultural geography of the world], Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta Publ., 2004, 128 p. (In Russian)
- Mironenko N.S. O nesootvetstvii urovnja empiricheskikh obobshhenij trebovanijam razvitiya geografii mirovogo hozjajstva [On the inconsistency of the level of empirical generalizations with the requirements of the development of the geography of world economy], *Social'no-ekonomicheskaja geografija, Vestn. Assoציacii rossijskikh geografov-obshhestvovedov*, 2013, no. 2, p. 36–48. (In Russian)
- Mironenko N.S., Giter B.A. Mirihozjajstvennyj perehod v nachale XXI veka: makrotehnologicheskie i prostranstvennyje transformacii [World economic transition at the beginning of the 21<sup>st</sup> century: macrotechnological and spatial transformations], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2013, no. 2, p. 12–18. (In Russian)
- Naumov A.S. Sovremennoe razvitie rajonov specializirovannogo zemledelija v zarubezhnyh stranah [Modern development of areas of specialized agriculture in foreign countries], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2012, no. 2, p. 40–48. (In Russian)
- Nefjodova T.G. Problemy prirodopol'zovaniya: metodologicheskie podkhody k izucheniju, kartografirovaniyu, raionirovaniyu [Problems of nature management: methodological approaches to the study, mapping and zoning], *Izvestiya AN SSSR, ser. geogr.*, 1990, no. 4, p. 71–84. (In Russian)
- Rakitnikov A.N. [Agricultural zoning], *Geografija SSSR, vyp. 2, Ekonomicheskoe rajonirovanie SSSR* [Geography of the USSR, iss. 2, Economic zoning of the USSR], Moscow, 1965, p. 104–119. (In Russian)
- Rakitnikov A.N. *Geografija sel'skogo hozjajstva* [Geography of agriculture], Moscow, 1970, 249 p. (In Russian)
- Rakitnikov A.N. *Izbrannye trudy* [Selected works], Smolensk, 2003, 471 p. (In Russian)
- Rodrigues C.F., Raposo H., Pegado E., Fernandes A.I. Coffee in the Workplace: A Social Break or a Performance Enhancer? *Med. Sci. Forum*, 2021, no. 5, p. 44
- Serebrjanik I.A., Zolotuhina D.M. Mirovoj rynek kofe: bazovye ponjatija [World coffee market: basic concepts], *Theoretical & Applied Science*, 2015, no. 11, p. 23–25. (In Russian)
- Vitver I.A. *Istoriko-geograficheskoe vvedenie v ekonomicheskiju geografiju zarubezhnogo mira* [Historical and geographical introduction to the economic geography of the foreign world], Moscow, 1963, 366 p. (In Russian)
- Web sources*
- Coffee Development Report, 2020, International Coffee Organization, URL: <https://www.icocoffee.org/wp-content/uploads/2022/11/CDR2020.pdf> (access date 17.09.2022).
- Expert Market Research, Coffee Market Report 2022, URL: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/coffee-market/requestsample> (access date 18.02.2023).
- FAOSTAT, URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/TP> (access date 11.07.2022).
- International Coffee Organization, URL: <https://ico.org/> (access date 17.09.2022).
- International Trade Centre, International trade statistics (Trade map), URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (access date 11.01.2023).
- Rothgeb Skeie T. Norway and Coffee. The Flamekeeper. Newsletter of the Roasters Guild. Spring 2003, URL: [www.roastersguild.org/052003\\_norway3.shtml](http://www.roastersguild.org/052003_norway3.shtml) (access date 14.01.2023).
- Samper L.F., Giovannucci D., Marques Vieira L. The powerful role of intangibles in the coffee value chain. *Economic Research Working Paper*, 2017, no. 39, URL: [https://www.researchgate.net/publication/321184182\\_The\\_powerful\\_role\\_of\\_intangibles\\_in\\_the\\_coffee\\_value\\_chain](https://www.researchgate.net/publication/321184182_The_powerful_role_of_intangibles_in_the_coffee_value_chain) (access date 15.09.2022).
- Smolenceva E.V. Kofejnye plantacii kak faktor, opredeljaushij proizvodstvo kofe v mire [Coffee plantations as a factor determining coffee production in the world], *Mosk. ekonomicheskij zhurnal*, 2019, no. 7, URL: <https://qe.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-58/> (access date 04.06.2022). (In Russian)
- Smolenceva E.V. Mirovoj eksport i import kofe [World export and import of coffee], *Mosk. ekonomicheskij zhurnal*, 2019, no. 7, URL: <https://qe.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-59/?print=print> (access date 04.09.2021). (In Russian)

- Smolenceva E.V. Proizvodstvo kofe kak element mirovogo rynka kofe [Coffee production as an element of the world coffee market], *Mosk. ekonomicheskij zhurnal*, 2019, no. 7, URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2019-60/> (access date 04.06.2022). (In Russian)
- The Coffee Guide 2021*, URL: <https://intracen.org/media/file/5718> (access date 11.01.2023).
- Vinnichek L.B., Kaftulina Ju.A., Batova V.N. Tendencii i problemy razvitija mirovogo rynka kofe [Trends and problems in the development of the world coffee market], *Mosk. ekonomicheskij zhurnal*, 2017, no. 1, URL: <https://qje.su/selskohozyajstvennye-nauki/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2017-15/> (access date 14.01.2022). (In Russian)

Received 13.04.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 24.05.2023

УДК 551.79

## КАСПИЙСКИЕ МОЛЛЮСКИ В КАРАНГАТСКОМ БАССЕЙНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ (ПОЗДНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН)

Т.А. Янина<sup>1</sup>, В.М. Сорокин<sup>2</sup>, Д.В. Семиколенных<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии

<sup>1</sup> Зав. лабораторией, д-р геогр. наук; e-mail: paleo@inbox.ru

<sup>2</sup> Проф., д-р геол.-минерал. наук; e-mail: v.sorok@geol.msu.ru

<sup>3</sup> Инженер, канд. геогр. наук; e-mail: aristova@igras.ru

Биостратиграфический анализ керна скважин, пробуренных на черноморском шельфе в северо-восточной части бассейна, показал, что вскрытые карангатские отложения, отвечающие межледниковой (МИС 5) трансгрессии Черного моря, в своей верхней части содержат раковины моллюсков *Didacna cristata* и *Didacna subcatillus*. Дидакны имеют каспийское происхождение: они являются характерными видами гирканского трансгрессивного бассейна, развивавшегося в Каспии в начале позднего плейстоцена. Путем миграции моллюсков в карангатский бассейн Черного моря служил пролив, открывшийся в Маньчской депрессии при превышении уровнем гирканской трансгрессии порога стока Маньча. Воды пролива впадали в карангатский бассейн в заключительную фазу его развития при уровне ниже современного и солености не выше 18‰.

**Ключевые слова:** поздний плейстоцен, Черное море, карангатская трансгрессия, каспийские дидакны, гирканская трансгрессия, палеогеографические реконструкции

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.3

### ВВЕДЕНИЕ

Карангатские отложения Черноморского региона, отвечающие межледниковой трансгрессии начала позднего плейстоцена (эмское, микулинское межледниковье), имеют широкое распространение. Они описаны на побережье и шельфе Болгарии, Румынии, на юге Украины, Крымском, Керченском и Таманском полуостровах, в Приазовье, на Кавказском побережье и побережье Турции [Андрусов, 1903; Невеская, 1965; Попов, 1983; Крыстев, Григорьев, 1990; Dodonov et al., 2000; Свиточ, 2009; Федоров, 1978; Янина, 2012]. Карангатская фауна моллюсков охарактеризована средиземноморскими видами, как эвригалинными, так и стеногалинными, чем коренным образом отличается от других плейстоценовых фаун. Анализ систематического экологического состава и распространения карангатской фауны в регионе сделан Л.А. Невеской [1965].

В составе карангатской фауны установлены малакофаунистические сообщества разного ранга.

Л.А. Невеской [1965] выделены три фаунистических комплекса, отражающих фазы развития карангатской трансгрессии: тобечикский, включающий эвригалинные и умеренно эвригалинные средиземноморские виды; карангатский, характерной особенностью которого являются стеногалинные средиземноморские виды, отсутствующие в современном Черноморском бассейне; тарханкутский, содержащий обедненную морскую фауну. Последующие исследователи, опираясь в целом на схему Л.А. Невеской, также установили два-три карангатских фаунистических комплекса [Федоров, 1978; Янко и др., 1990; Динамика ландшафтных..., 2002; Свиточ, 2009; Янина, 2012; Семиколенных, 2022].

Большинством исследователей черноморского плейстоцена отрицается присутствие представителей рода *Didacna* Eichwald в составе карангатской фауны. Повышение солености карангатского бассейна рассматривается как кризис для солоноватоводных дидакн, приведший к их полному исчезно-

вению. К.Д. Михайлеску [Михайлеску, Маркова, 1992] среди фауны лиманов и приустьевых участков Дуная, Прута и Днестра выделяет карангатский лагунный комплекс, включающий *Didacna danubica*, наряду с которыми многочисленны монодакны, адакны, дрейссены и пресноводные моллюски. Формы, близкие к *D. danubica*, были отмечены этим исследователем еще в составе узунларского комплекса; карангатские дидакны лиманов – это естественное «продолжение» эвксино-узунларской фауны. Нами [Янина, 2005] сделаны редкие находки раковин дидакн в местонахождениях карангатской фауны Тузла и Малый Кут: это хорошо сохранившиеся эвксино-узунларские виды *Didacna pontocaspia*, *D. borisphenica*. Вопрос об их инситуности остался открытым. Во всех случаях находки дидакн связаны либо с переживанием черноморских эвксино-узунларских видов в опресненных азилах, либо с их переотложением. Каспийские виды (обязанные своим происхождением Каспию и проникшие в карангатский бассейн с каспийскими водами) не описаны.

Нами выполнен биостратиграфический анализ керн трех скважин, пробуренных на черноморском шельфе в северо-восточной части бассейна. Скважинами вскрыты карангатские отложения, в верхней части содержащие раковины моллюсков рода *Didacna*. Цель нашего исследования состоит в установлении происхождения дидакн в составе карангатской фауны и выявлении путей их проникновения в северо-восточный сектор моря.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследований послужил керн скважин, пробуренных на шельфе Черного моря на глубине около 22 м в 12 км к юго-востоку от м. Железный Рог (рис.). Бурение выполнено ООО «Моринжгеология» в ходе инженерно-геологических изысканий [Безродных и др., 2019]. Нами проведено изучение керн: выполнены литологический и макрофаунистический анализы, биостратиграфическое расчленение осадочной толщи, вскрытой скважинами. Состав растительных остатков в образцах определен в лаборатории агрохимии ФГБНУ «Институт овощеводства». Радиоуглеродное датирование выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Института наук о Земле СПбГУ и ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН».

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Керном трех скважин, близких по строению осадков, вскрыта толща отложений мощ-

ностью 50 м. Осадки неоплейстоцена залегают в интервале до 33 м (см. рис.). Их нижняя часть (слой 9, интервал 32,8–27,0 м) представлена эвксино-узунларскими отложениями конца среднего плейстоцена. Выше с размывом залегают толща карангатских осадков (слои 8–7) мощностью 14 м. В ее основании (27,0–19,0 м) вскрыты относительно глубоководные глины темно-серые, слоистые, с тонкими прослойками песка, насыщенного раковинным детритом, содержащего включения раковин и их обломков, количество которых возрастает в нижней части слоя. В составе раковин средиземноморские виды *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma glaucum*, *Papillicardium papillosum*, *Mytilus galloprovincialis*, *Flelopecten glaber*, *Paphia sp.*, *Acanthocardia tuberculata*. Выше (19,0–13,0 м) залегают преимущественно песчаная толща, состоящая из двух пачек. Нижняя сложена алевроитом и мелкозернистым песком с включениями раковин, скопления которых образуют линзовидные прослои. В их составе *Ostrea edulis*, *Chamelea gallina*, *Acanthocardia tuberculata*, *Tritia reticulata*, *Mytilus galloprovincialis*, *Flelopecten glaber*, *Gibbula maga*, *Bittium reticulatum*, *Spisula subtruncata*. Верхняя пачка имеет более глинистый состав и представляет собой переслаивание песчаных и глинистых осадков. В кровле толщи содержатся многочисленные раковины моллюсков: *Flelopecten glaber*, *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Paphia senescens*, *Cerastoderma glaucum*, *Chamelea gallina*, *Tritia reticulata*, *Macra corallina*, *Dreissena polymorpha*, *Didacna cristata*, *Didacna subcatillus*, *Lithoglyphus naticoides*.

Выше залегают толща (слои 6–5, интервал 13...~8 м), представленная суглинками с редкими песчаными прослоями, по простирацию переходящая в глинистые отложения черного и черно-коричневого цветов из-за обилия содержащихся в них растительных остатков и органического вещества. Местами, особенно в верхней части слоя, встречаются прослои и участки оторфованного грунта. В составе растительных остатков до 56% синезеленых водорослей (*Microcystis*), 3,2% желтозеленых водорослей (*Tribonema*), 40% составляют высшие растения. Очевидно это лагунно-лиманные отложения, отвечающие прибрежной береговой полосе зарастания с тростником, местами превращающейся в тростниковое болото, образовавшееся при регрессии карангатского бассейна. По органическому материалу из верхней части оторфованных суглинков получены AMS <sup>14</sup>C датировки 52 280 ± 2900 (ИГАН-6518) и 44 160 ± 1450 (ИГАН-6519), калиброванная дата (среднее значение) 47 438 лет.

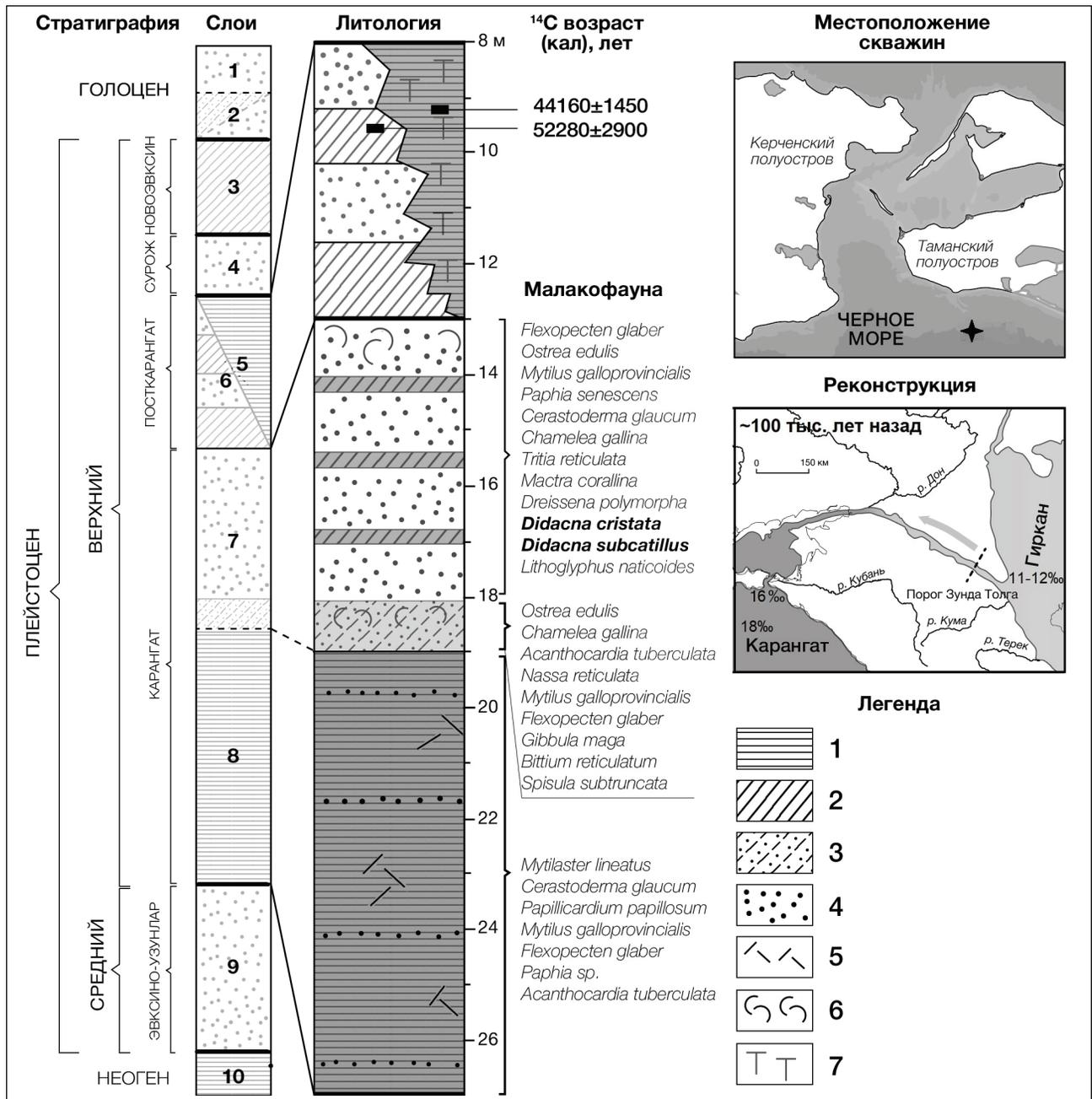


Рис. Местоположение скважин на шельфе, сводный разрез карангатских отложений и палеогеографическая реконструкция. Условные обозначения: 1 – глина; 2 – суглинок; 3 – алеврит; 4 – песок; 5 – детрит; 6 – раковины моллюсков; 7 – торф

Fig. Location of boreholes on the shelf, generalized section of Karangatian sediments, and paleogeographic reconstruction. Symbols: 1 – clay; 2 – loam; 3 – silt; 4 – sand; 5 – detritus; 6 – mollusk shells; 7 – peat

Над глинистой пачкой (слой 4, интервал 8–6 м) залегают грубозернистые песчано-ракушечные отложения, содержащие многочисленные обломки и целые раковины разной сохранности. Раковины *Cerastoderma glaucum*, *Chamelea gallina*, *Abra ovata*, *Paphia discrepans*, *Dreissena polymorpha*, *Hydrobia ventrosa*, *Theodoxus pallasi* имеют хорошую сохранность, раковины *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Flexopecten glaber*, *Spisula subtruncata* несут следы окатанности и часто пред-

ставлены обломками. Толща отвечает динамичной прибрежной обстановке опресненного морского бассейна, очевидно сурожского. Радиоуглеродный возраст образца раковин хорошей сохранности показал значение 28 770 ± 940 лет назад (ЛУ-8837), калиброванный возраст 32 870 ± 960 лет назад.

Залегающая выше суглинистая «немая» толща (слой 3), по-видимому, отвечает новоэвксинскому регрессивному этапу. Перекрывающие ее пески и супеси (слой 2), вероятно, древнечерномор-

ские. Верхняя часть керна мощностью около 1,5 м (слой 1) представлена разнозернистыми песками с многочисленными раковинами *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Chamelea gallina*, *Paphia discrepans*, *Gibbula maga*, *Abra alba*, *Cerastoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus*, *Flexopecten glaber*, *Corbula mediterranea*, *Gastrana fragilis*, *Gafrarium minimum*, *Papillicardium papillosum*, отвечающими новочерноморскому трансгрессивному бассейну Черного моря.

В строении керна карангатский цикл развития бассейна отражен слоями 8–5: максимальная фаза трансгрессии (слой 8), ее заключительная фаза с более низким уровнем моря (слой 7) и регрессивное снижение уровня, посткарангатская регрессия (слои 6–5). Верхняя часть слоя 7 включает, помимо морских видов средиземноморского происхождения (*Flexopecten glaber*, *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Paphia senescens*, *Cerastoderma glaucum*, *Chamelea gallina*, *Tritia reticulata*, *Maetra corallina*), раковины солоноватоводных моллюсков, в составе которых – типичные представители гирканского трансгрессивного бассейна Каспия *Didacna cristata* и *Didacna subcatillus* (см. рис.).

Гирканские слои были описаны в Северном Прикаспии и долине Восточного Маныча Г.И. Поповым [1957] на основании биостратиграфического анализа буровых материалов. Им же [Попов, 1967; 1983] сделано заключение о самостоятельной крупной трансгрессии Каспия – гирканской, характерные черты малакофаунистического облика которой – преобладание в составе дидакн *Didacna cristata*, *D. subcatillus*, *D. hyrcana*, а также присутствие тепловодного пресноводного вида *Corbicula fluminalis*. После резкой критики позиции Г.И. Попова Ю.М. Васильевым и П.В. Федоровым [1965] существование гирканского бассейна Каспия большинством его исследователей было отвергнуто. Вернуться к вопросу о гирканской трансгрессии в истории Каспия нам позволили материалы изучения осадочных комплексов верхней части плейстоценовой толщи в Северном Каспии [Янина и др., 2014; Sorokin et al., 2018]. В строении верхнеплейстоценовых отложений, вскрытых рядом скважин, установлены осадки, содержащие гирканский комплекс малакофауны (*Didacna subcatillus*, *D. umbonata*, *D. cristata*, *D. cf. parallella*, *Corbicula fluminalis*), описанный Г.И. Поповым и по стратиграфическому положению в разрезе (между верхнехазарскими и хвалынскими отложениями) отвечающий этому бассейну.

Более того, анализ материалов бурения, выполненный нами [Курбанов и др., 2018; Семиколенных, 2022] в центральной части Манычской депрессии, показал, что отложения ингрессии ка-

рангатского моря в Манычскую депрессию здесь перекрыты слоем, включающим представителей гирканского фаунистического комплекса (*Didacna cristata*, *D. hyrcana*, *D. subcatillus*, *Monodacna caspia*). Данные о гирканских отложениях Маныча представлены также в работах Г.И. Горецкого [1957] и Г.И. Попова [1983]. Находки раковин гирканских моллюсков в карангатских отложениях Черного моря служат подтверждением функционирования пролива между бассейнами. Это было первое проникновение каспийских моллюсков в Черноморский бассейн в позднем плейстоцене.

Пролив открылся со стороны Каспия в эпоху завершающей фазы карангатского бассейна (см. рис.), о чем свидетельствует строение осадочной толщи Маныча (перекрытие карангатских отложений гирканскими) и находки гирканских раковин в верхней части карангатских осадков. Датирование гирканских отложений в Манычской депрессии методом оптически стимулированной люминесценции показало их возраст – около 100 тыс. лет назад [Курбанов и др., 2018; Семиколенных, 2022], что коррелирует с возрастом последней фазы карангатской трансгрессии, полученным в результате датирования отложений стратотипических карангатских разрезов Эльтиген [Курбанов и др., 2019] и Тузла [Курбанов и др., 2020]. Судя по составу малакофауны, включающей преимущественно эвригалинные (доля умеренно стеногалинных видов мала) средиземноморские, а также солоноватоводные каспийские виды, карангатский бассейн в завершающую фазу его развития имел пониженную соленость (около 18‰). В его северо-восточном районе, в наибольшей степени подверженном влиянию каспийских вод, соленость не превышала 16%.

## ВЫВОДЫ

Биостратиграфический анализ керна скважин, пробуренных на черноморском шельфе в 12 км к юго-востоку от м. Железный Рог, показал, что вскрытые карангатские отложения в своей верхней части содержат раковины моллюсков *Didacna cristata* и *Didacna subcatillus*.

Дидакны имеют каспийское происхождение, они являются характерными видами гирканского трансгрессивного бассейна, развивавшегося в Каспии в начале позднего плейстоцена.

Путем миграции моллюсков в карангатский бассейн служил пролив, открывшийся в Манычской депрессии при превышении уровнем гирканской трансгрессии порога стока Маныча.

Воды пролива впадали в карангатский бассейн в заключительную фазу его развития при уровне ниже современного и солености не выше 18‰.

*Благодарность.* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 22-27-00164.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрусов Н.И. Геологические исследования на Таманском полуострове // *Материалы для геологии России*. 1903. Т. XXI. № 2. С. 257–283.
- Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф., Сорокин В.М., Янина Т.А. Стратиграфия верхнечетвертичных отложений участка Таманского шельфа // *Геология морей и океанов. Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. 2019. Т. 1. С. 29–33.
- Васильев Ю.М., Федоров П.В. О стратиграфическом положении верхнехазарских отложений Нижнего Поволжья в единой шкале Каспийской области // *Известия АН СССР. Сер. геол.* 1965. № 12. С. 1843–1851.
- Горецкий Г.И. О гирканском этапе в истории Прикаспия // *Новости нефтяной техники*. 1957. № 6. С. 3–5.
- Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. М.: ГЕОС, 2002. 232 с.
- Крыстев Т.И., Григорьев А.В. Геологическое строение прибрежной части шельфа Бургасского залива (Болгария) // *Геологическая эволюция западной части Черноморской котловины в неоген-четвертичное время*. София: Изд. БАН, 1990. С. 275–304.
- Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Янина Т.А., Тюнин Н.А., Мюррей А.С. Новые данные о возрасте карангатской трансгрессии Черного моря // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2020. № 6. С. 139–145.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Борисова О.К. Гирканский этап в позднеплейстоценовой истории Маньчжурской депрессии // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2018. № 3. С. 77–88.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей А.С., Семиколенных Д.В., Свистунов М.И., Штыркова Е.И. Возраст карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2019. № 6. С. 29–39.
- Михайлеску К.Д., Маркова А.К. Палеогеографические этапы развития фауны юга Молдовы в антропогене. Кишинев: Штиинца, 1992. 310 с.
- Невесская Л.А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология. М.: АН СССР, 1965. 392 с.
- Попов Г.И. Сравнительная стратиграфия четвертичных отложений Маньчжурского пролива, Каспия и Эвксина // *Тр. Комиссии по изучению четверт. периода*. 1957. Т. 13. С. 65–73.
- Попов Г.И. Гирканская трансгрессия в Северном Прикаспии // *Бюлл. Комиссии по изучению четверт. периода*. 1967. Т. 33. С. 77–86.
- Попов Г.И. Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. М.: Наука, 1983. 216 с.
- Свиточ А.А. Стратотипы карангата Таманского и Керченского полуостровов (сравнительный анализ) // *Доклады Академии наук*. 2009. № 424. С. 669–671.
- Семиколенных Д.В. Палеогеография проливов Понто-Каспия в позднем плейстоцене: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: ИГРАН, 2022. 26 с.
- Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 165 с.
- Янина Т.А. Дидакны Понто-Каспия. Москва-Смоленск: Маджента, 2005. 300 с.
- Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. 264 с.
- Янина Т.А., Сорокин В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф. Гирканский этап в плейстоценовой истории Каспийского моря // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2014. № 3. С. 3–9.
- Янко В.В., Фролов В.Т., Мотненко И.В. Фораминиферы и литология стратотипического горизонта (антропоген Керченского полуострова) // *Бюлл. МОИП. Отд. Геол.* 1990. Т. 65. № 3. С. 83–97.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simakova A.N., Konikova E.G. Last interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy and correlation, *Netherlands Journal of Geosciences*, 2000, vol. 79, no. 2–3, p. 303–311.
- Sorokin V.M., Yanina T.A., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F. Identification and age of submarine Girkanian sediment beds (Upper Pleistocene) in the Caspian Sea, *Quaternary International*, 2018, vol. 465, part A, p. 152–157.

Поступила в редакцию 15.02.2023

После доработки 10.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

# CASPIAN MOLLUSKS IN THE KARANGATIAN BASIN OF THE BLACK SEA (THE LATE PLEISTOCENE)

T.A. Yanina<sup>1</sup>, V.M. Sorokin<sup>2</sup>, D.V. Semikolennykh<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography*

<sup>2</sup> *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Department of Oil and Gas Sedimentology and Marine Geology*

<sup>1</sup> *Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; e-mail: paleo@inbox.ru*

<sup>2</sup> *Professor, D.Sc. in Geology; e-mail: v.sorok@geol.msu.ru*

<sup>3</sup> *Engineer, Ph.D. in Geography; e-mail: aristova@igras.ru*

Biostratigraphic analysis of the cores from the Black Sea shelf in the northeastern part of the basin showed that the exposed Karangatian deposits contain shells of *Didacna cristata* and *Didacna subcatillus* mollusks in their upper part. The didacnae are of Caspian origin: they are characteristic species of the Hyrcanian transgressive basin that developed in the Caspian at the beginning of the Late Pleistocene. Mollusks migrated to the Karangatian Basin of the Black Sea through the strait that opened in the Manych Depression when the level of the Hyrcanian transgression overreached the threshold of the Manych runoff. The waters of the strait flowed into the Karangatian Basin in the final phase of its development when the sea level was lower than nowadays and salinity didn't exceed 18‰.

**Keywords:** Late Pleistocene, Black Sea, Karangatian transgression, Caspian didacnae, Hyrcanian transgression, paleogeographic reconstructions

**Acknowledgements.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 22-27-00164).

## REFERENCES

- Andrusov N.I. Geologicheskie issledovaniya na Tamanskom poluostrove [Geological investigations at the Taman Peninsula], *Materialy dlya geologii Rossii*, 1903, vol. 21, no. 2, p. 257–283. (In Russian)
- Bezrodnikh Yu.P., Romanyuk B.F., Sorokin V.M., Yanina T.A. [Stratigraphy of the Upper Quaternary deposits of the Taman shelf area], *Geologija morej i okeanov* [Geology of seas and oceans], materialy XXIII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Shkoly) po morskoy geologii, 2019, vol. 1, p. 29–33. (In Russian)
- Dinamika landshaftnykh komponentov i vnutrennih morskikh bassejnov Severnoj Evrazii za poslednie 130 000 let* [Dynamics of landscape components and inland marine basins of Northern Eurasia over recent 130 000 years], Moscow, GEOS, 2002, 232 p. (In Russian)
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simakova A.N., Konikov E.G. Lastinterglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy and correlation, *Netherlands Journal of Geosciences*, 2000, vol. 79, no. 2–3, p. 303–311.
- Fedorov P.V. *Plejstocen Ponto-Kaspiya* [Pleistocene of the Ponto-Caspian], Moscow, Nauka, 1978, 165 p. (In Russian)
- Goretskiy G.I. O girkanskom etape v istorii Prikaspiya [About the Hyrcanian stage in the history of the Caspian Sea area], *Novosti neftyanoy tekhniki*, 1957, no. 6, p. 3–5. (In Russian)
- Krystev T.I., Grigor'ev A.V. [Geological structure of the coastal part of the Burgas Bay shelf (Bulgaria)], *Geologicheskaja evoljucija zapadnoj chasti Chernomorskoj kotloviny v neogen-chetvertichnoe vremja* [Geological evolution of the western part of the Black Sea basin during the Neogene and Quaternary], Sofia, Izd. BAN, 1990, p. 275–304. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Semikolennykh D.V., Yanina T.A., Tyunin N.A., Murray A.S. Novye dannye o vozraste karangatskoj transgressii Chernogo morja [New data on the age of the karangatian transgression of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 6, p. 139–145. (In Russian)
- Kurbanov P.N., Yanina T.A., Murrey A.S., Borisova O.K. Girkanskij etap v pozdne-pleistotsenovej istorii Manychskoj depressii [Hyrcanian stage in the Late Pleistocene history of the Manych depression], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2018, no. 3, p. 77–88. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray A.S., Semikolennykh D.V., Svistunov M.I., Shtyrkova E.I. Vozrast Karangatskoj transgressii (pozdniy pleystotsen) Chornogo morja [The age of the Karangatian (Late Pleistocene) transgression of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 6, p. 29–39. (In Russian)
- Mikhailisku K.D., Markova A.K. *Paleogeograficheskie etapy razvitiya fauny juga Moldovy v antropogene* [Paleogeographic Stages of the Development of Fauna in the South of Moldova during the Anthropogen], Chisinau, Shtiinca, 1992, 310 p. (In Russian)
- Neveskaya L.A. *Pozdnechetvertichnye dvustvorchatye moljuskii Chernogo morja, ikh sistematika i ekologiya* [Late Quaternary bivalves of the Black Sea, their systematics and ecology], tr. Paleontologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR, Moscow, Nauka, 1965, 392 p. (In Russian)
- Popov G.I. [Comparative stratigraphy of the Quaternary deposits of the Manych Strait, Caspian Sea and Euxinian], tr. komissii po izucheniju chetvertichnogo perioda [Pro-

- ceedings of the Quaternary Studies Commission], 1957, vol. 13, p. 65–73. (In Russian)
- Popov G.I. [Hyrceanian transgression in the Northern Caspian Sea area], *Byulleten komissii po izucheniju chetvertichnogo perioda* [Bulletin of the Quaternary Studies Commission], 1967, no. 33, p. 77–86. (In Russian)
- Popov G.I. *Plejstocen Chernomorsko-Kaspijskikh proливov* [Pleistocene of the Black Sea-Caspian straits], Moscow, Nauka, 1983, 216 p. (In Russian)
- Semikolennykh D.V. *Paleogeografija proливov Ponto-Kaspija v pozdnem plejstocene* [Paleogeography of the Ponto-Caspian Straits in the Late Pleistocene], Extended Abstract of Ph.D. Thesis in geography, Moscow, IG RAS, 2022, 26 p. (In Russian)
- Sorokin V.M., Yanina T.A., Bezrodnykh Yu P., Romanyuk B.F. Identification and age of submarine Girkanian sediment beds (Upper Pleistocene) in the Caspian Sea, *Quaternary International*, 2018, vol. 465, part A, p. 152–157.
- Svitoch A.A. Stratotipy karangata Tamanskogo i Kerchenskogo poluostrovov (sravnitel'nyy analiz) [Karangatian stratotypes of the Taman and Kerch Peninsulas (comparative analysis)], *Doklady Akademii Nauk*, 2009, no. 424, p. 669–671. (In Russian)
- Vasil'ev Ju.M., Fedorov P.V. *O stratigraficheskom položenii verhnekhazarskikh otlozhenij Nizhnego Povolzh'ja v edinoj shkale Kaspijskoj oblasti* [On the stratigraphic position of the Upper Khazarian deposits of the Lower Volga region in the unified scale of the Caspian region], *Izv. AN SSSR, Ser: geol.*, 1965, no. 12, p. 1843–1851. (In Russian)
- Yanina T.A. *Didakny Ponto-Kaspiya* [Didacna of the Ponto-Caspian], Moscow, Smolensk, Madzhenta, 2005, 300 p. (In Russian)
- Yanina T.A. *Neoplejstocen Ponto-Kaspiya: biostratigrafiya, paleogeografiya, korrelyatsiya* [Neo-Pleistocene of the Ponto-Caspian: biostratigraphy, paleogeography, correlation], Moscow, MGU, 2012, 264 p. (In Russian)
- Yanina T.A., Sorokin V.M., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F. Girkanskiy etap v plejstocenovoy istorii Kaspijskogo morya [Hyrceanian stage in the Pleistocene history of the Caspian Sea], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2014, no. 3, p. 3–9. (In Russian)
- Yanko V.V., Frolov V.T., Motnenko I.V. Foraminifery i litologiya stratotipicheskogo razreza karangatskogo gorizonta (antropogen Kerchenskogo poluostrova) [Foraminifera and lithology of the stratotype section of the Karangatian layer (the Quaternary of the Kerch Peninsula)], *Bull. MOIP, Otd. Geologii*, 1990, no. 65, p. 83–97. (In Russian)

Received 15.02.2023

Revised 10.04.2023

Accepted 24.05.2023

УДК 551.46 (551.352)

## ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ КРЕМНЕВЫЕ МИКРОФОССИЛИИ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ АТЛАНТИКИ И ИХ РОЛЬ В ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

Л.А. Кулешова<sup>1</sup>, А.Г. Матуль<sup>2</sup>, Г.Х. Казарина<sup>3</sup>, Л.Д. Баширова<sup>4</sup>

<sup>1–4</sup> *Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН*

<sup>4</sup> *Балтийский федеральный университет имени И. Канта,  
директор НОЦ «Геоэкология и морское природопользование»*

<sup>1</sup> *Лаборатория геологии Атлантики, науч. сотр.; e-mail: lubov\_kuleshova@mail.ru*

<sup>2</sup> *Зав. лабораторией палеоэкологии и биостратиграфии, гл. науч. сотр., д-р геол.-минерал. наук; e-mail: amatul@mail.ru*

<sup>3</sup> *Лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии, вед. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: gkazarina@mail.ru*

<sup>4</sup> *Зам. директора по научной работе, зав. лабораторией геологии Атлантики,  
канд. геол.-минерал. наук; e-mail: bas\_leila@mail.ru*

В данной работе проанализированы количественное распределение и таксономический состав кремневых микрофоссилий – диатомей и радиолярий – в глубоководной колонке АНС-33047 (08°16,380' с. ш., 31°42,870' з. д., глубина океана 4027 м, длина разреза 516 см), отобранной в южной части котловины Зеленого Мыса в восточной экваториальной области Атлантического океана. В сообществе радиолярий выделены две экологические группы видов: тропико-экваториальная и североатлантическая умеренного пояса. Комплекс ископаемых диатомовых водорослей представлен преимущественно тропико-экваториальными видами, а также пресноводными диатомеями, которые могут служить индикаторами эолового переноса взвеси из Африки. По вариациям численности диатомей и радиолярий установлено, что накопление кремнезема в экваториальной зоне в четвертичном периоде было пульсирующим: интервалы сравнительно интенсивного накопления кремнезема сменялись периодами резкого ослабления. Доминирующими в накоплении кремнезема в течение кратковременных интервалов морских изотопных стадий (МИС) 13–8 были как диатомеи, так и радиолярии – их повышенные концентрации в осадках возрастом около 513, 430, 300 и 250 тыс. лет, вероятно, отражают проникновение в район исследования высокопродуктивных вод экваториальной дивергенции. В пределах МИС 7–1 общая низкая численность диатомей на фоне преобладания радиолярий в отдельных интервалах позволяет предполагать существование менее продуктивных условий в поверхностном слое и попеременном влиянии глубоководного палеоапвеллинга, прежде всего на подповерхностную среду. Зарегистрированный в МИС 12 пик численности пресноводных диатомей, по-видимому, связан с поступлением эолового материала с африканского континента в результате усиления тропического восточного ветра и активизации процессов дефляции.

**Ключевые слова:** четвертичный период, диатомовые водоросли, радиолярии, осадконакопление, экваториальный кремневый пояс, котловина Зеленого Мыса

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.4

### ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция палеоокеанологических условий по глубоководным колонкам сопряжена с определенными ограничениями, такими как сильное растворение карбонатных микрофоссилий, низкие скорости осадконакопления. В связи с чем возрастает необходимость в применении дополнительных независимых палеоиндикаторов, среди которых кремневые составляющие осадка обладают высоким потенциалом использования. Диатомовые водоросли и радиолярии являются одними из наиболее разнообразных групп микрофито- и микрозоопланктона соответственно. Для построения своих скелетов они извлекают из воды кремний. Благодаря этой

способности данные организмы играют огромную роль в круговороте кремния в Мировом океане и эволюции биогенного кремненакопления [Lisitzin, 1985].

Более 75% всего океанского кремнезема накапливается в Южном океане, что обусловлено положением области антарктической конвергенции [Кеннет, 1987]. В результате ветровой активности в данном регионе происходит сгон поверхностных вод на север, которые затем замещаются промежуточными водами, богатыми питательными веществами [Кеннет, 1987; Афанасьева и др., 2005]. Как следствие, увеличивается биологическая продуктивность акватории и наблюдается усиленное

накопление кремневых микрофоссилий в донных осадках, главным образом диатомовых илов [Lisitzin, 1985; Кеннет, 1987; Takahashi, 1991; Афанасьева и др., 2005; Свальнов, Казарина, 2008].

Повышенная плотность популяций диатомей и радиолярий свойственна также экваториальным районам и контролируется положением зон дивергенции и интенсивных прибрежных апвеллингов [Кеннет, 1987; Abelman, Gowing, 1997; Lange et al., 1994; Treppke et al., 1996; Romero et al., 1999; Афанасьева и др., 2005]. Асимметричное распределение ветров над поверхностью океана способствует обширному подъему глубинных вод и привнесу биогенных элементов в фотический слой, что благоприятно сказывается на развитии продукции фито- и зоопланктона [Lange et al., 1994; Romero et al., 1999; Афанасьева и др., 2005]. Так называемый «экваториальный пояс биогенных кремневых илов» хорошо выражен в Индийском и Тихом океанах, но слабо проявляется в современных осадках Атлантического океана [Lisitzin, 1985; Hein, Parrish, 1987; Свальнов, Казарина, 2008]. Среди кремнеосодержащих микрофоссилий в экваториальной области преобладают скелеты радиолярий, в меньшей степени встречаются створки диатомей и силикофлагелляты [Lisitzin, 1985; Кеннет, 1987; Takahashi, 1991; Свальнов, Казарина, 2008].

Исследования динамики численности современных кремневых микрофоссилий в экваториально-тропической Атлантике показали, что распределение диатомей и радиолярий имеет сезонную изменчивость [Lange et al., 1994; Treppke et al., 1996; Romero et al., 1999, 2000]. Это связано с региональными миграциями области минимума атмосферного давления и, соответственно, силой преобладающих ветров (пассатов), определяющих положение фронтальных зон в верхнем слое океана и районов повышенной первичной биопродуктивности. Современная зона экваториальной дивергенции в Атлантике ограничена по акватории, поэтому апвеллинг биогенных элементов для кремневых микроорганизмов отражается в аккумуляции повышенных масс биогенного кремнезема (>5 весовых %) в узком субширотном районе, примыкающем к Африке [Sarmiento, Gruber, 2006]. Считается, что пояс биогенного кремнеосаждения испытывал значительные ледниково-межледниковые флуктуации в четвертичном периоде [Lisitzin, 1985; Pokras, 1987]. Так, в пределах ледниковых интервалов пояс мог расширяться и/или смещаться к северу от своего современного положения с одновременным увеличением содержания диатомей в составе кремневых сообществ организмов.

Настоящая работа посвящена изучению количественного распределения и таксономического со-

става сообществ диатомей и радиолярий в колонке АНС-33047, отобранной в южной части котловины Зеленого Мыса к востоку от Срединно-Атлантического хребта на глубине более 4 км. Осадки исследуемой колонки имеют средне-позднетчетвичный возраст [Kuleshova et al., 2022]. Особенностью данного района является его близкое расположение к северной границе экваториального кремневого пояса, являющегося зоной повышенного накопления диатомово-радиоляриевых илов [Nigrini, 1967; Goll, Bjørklund, 1971; Матуль, 1989; Schrader et al., 1993; Sarmiento, Gruber, 2006; Boltovskoy, Correa, 2017]. Это позволяет предполагать, что даже небольшие миграции и/или изменения протяженности пояса в прошлом могли существенно повлиять на местное биогенное кремнеосаждение. Высокая чувствительность радиолярий и диатомей к изменениям окружающей среды, а также хорошая сохранность их скелетов в донных осадках дают возможность использовать данные анализа кремнеосодержащих микрофоссилий для палеоокеанологических исследований в глубоководных районах [Pokras, 1987; Свальнов, Казарина, 2008; Matul, Mohan, 2017]. Присутствие в таких областях агрессивных недонасыщенных карбонат-ионом придонных вод ниже лизоклина и критической глубины карбонатакопления (в Атлантическом океане >4–4,5 км) приводит к потере палеонтологической информации, прежде всего вследствие интенсивного растворения карбонатных составляющих осадка [Berger, 1968]. В то же время кремневые компоненты оказываются более устойчивыми к растворению в абиссальных зонах [Lisitzin, 1985; Кеннет, 1987; Takahashi, 1991]. Кроме того, в открытом океане на больших глубинах скорости осадконакопления, как правило, весьма низкие, что значительно осложняет выполнение реконструкций в колонках донных осадков. Вышеуказанные лимитирующие факторы служат одним из объяснений относительно слабой изученности подобных районов с точки зрения четвертичной палеоокеанологии и обуславливают необходимость применения комплексного подхода в исследовании донных осадков с использованием дополнительных независимых индикаторов.

**Район исследования.** Экваториальная область Атлантического океана характеризуется сложной системой поверхностных и подповерхностных течений (рис. 1). Одни течения направлены на запад, другие (противотечения) – на восток. Большую часть года на данный регион оказывает влияние внутритропическая зона конвергенции (ВЗК) – область сходящихся пассатов и восходящего воздуха, для которой свойственно обильное выпадение осадков [Schneider et al., 2014; Portilho-Ramos et al., 2017]. Последнее приводит к понижению солёности по-

верхностных вод и усилению вертикальной стратификации. Для ВЗК характерно сезонное смещение от 6° с. ш. в феврале до 15° с. ш. в августе (относительно побережья Африки), связанное с региональными перестройками атмосферной и поверхностной океанской циркуляции вследствие изменения меридионального градиента поверхностных температур [Peterson, Stramma, 1991; Stramma, Schott, 1999; Stramma et al., 2005]. Бореальным летом среди воздушных потоков усиливается составляющая юго-восточных пассатов. Как следствие, в поверхностном слое океана активизируется южная ветвь Южного экваториального течения (юЮЭТ), переносящая теплые воды из Южной Атлантики через экватор в Северное полушарие [Vilela et al., 2018]. Так, соединяясь с Северным Бразильским подповерхностным течением (СБП) около 5° ю. ш. (близ мыса Сан-Роке, Бразилия), юЮЭТ преобразуется в поверхностное Северное Бразильское течение (СБТ). Двигаясь вдоль северного побережья Брази-

лии со скоростью около 1 м/с, это течение участвует в поставке биогенных элементов из устья реки Амазонки в поверхностный слой экваториальной Атлантики [Bourlès et al., 1999; Vilela et al., 2018]. Под действием юго-восточных пассатов и экмановского переноса, СБТ расширяется и отклоняется на восток между 5° с. ш. и 10° с. ш. [Bourlès et al., 1999], тем самым «подпитывая» и усиливая Северное экваториальное поверхностное противотечение (СЭП) [Peterson, Stramma, 1991]. Данный процесс сопровождается миграцией ВЗК на север [Stramma, Schott, 1999]. При этом возрастает температурный градиент поверхностного слоя океана между теплыми водами ВЗК и относительно холодными водами близ географического экватора, что приводит к интенсификации сезонных ветров и возникновению фронтальной зоны экваториальной дивергенции на широте между СЭП и ЮЭТ (~0–2° с. ш. в среднем) [Peterson, Stramma, 1991; Hormann et al., 2013; Tubul et al., 2015].

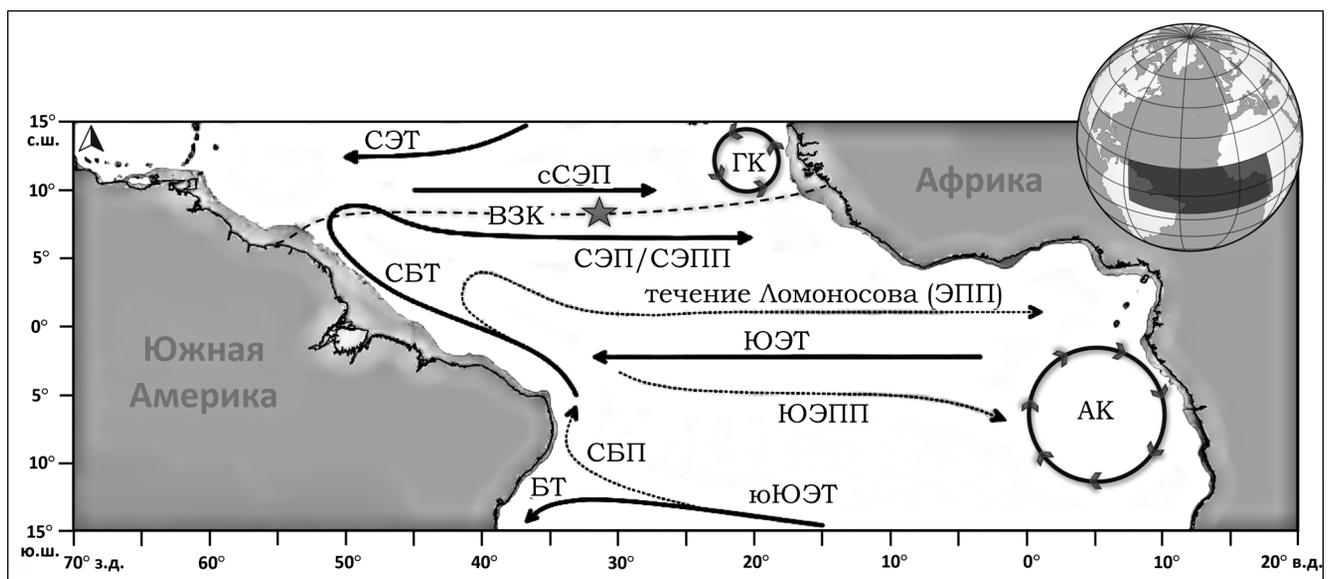


Рис. 1. Карта района исследования и общая схема поверхностной циркуляции в экваториальной области Атлантического океана [Peterson, Stramma, 1991; Vilela et al., 2018]:

СЭТ – Северное экваториальное (пассатное) течение; СЭП – Северное экваториальное (межпассатное) поверхностное противотечение; сСЭП – северная ветвь Северного экваториального поверхностного противотечения; СЭПП – Северное экваториальное подповерхностное противотечение; ЭПП – Экваториальное подповерхностное противотечение (или течение Ломоносова); ЮЭПП – Южное экваториальное подповерхностное противотечение; ЮЭТ – Южное экваториальное (пассатное) течение; юЮЭТ – южная ветвь Южного экваториального течения; БТ – Бразильское течение; СБП – Северное Бразильское подповерхностное течение; СБТ – Северное Бразильское течение; ГК – Гвинейский купол; АК – Ангольский купол. Пунктирной линией показано среднегодовое положение внутритропической зоны конвергенции (ВЗК) [Portilho-Ramos et al., 2017]. Звездочкой обозначена исследуемая колонка АНС-33047

Fig. 1. Map of the study area and the general scheme of surface water circulation in the equatorial Atlantic [Peterson, Stramma, 1991; Vilela et al., 2018]:

СЭТ – North Equatorial Current; СЭП – North Equatorial Countercurrent; сСЭП – northern branch of the North Equatorial Countercurrent; СЭПП – North Equatorial Undercurrent; ЭПП – Equatorial Undercurrent (or Lomonosov Current); ЮЭПП – South Equatorial Undercurrent; ЮЭТ – South Equatorial Current; юЮЭТ – southern branch of the South Equatorial Current; БТ – Brazil Current; СБП – North Brazil Undercurrent; СБТ – North Brazil Current; ГК – Guinea Dome; АК – Angola Dome. The dashed line shows the mean annual position of the Intertropical Convergence Zone (ВЗК), according to Portilho-Ramos et al. [2017]. The star indicates the location of the studied ANS-33047 core

В вертикальном разрезе СЭП занимает глубины 0–100 м. На подповерхностных и промежуточных глубинах (100–500 м) проходят Северное экваториальное подповерхностное противотечение (СЭПП) и располагающиеся к югу от него Экваториальное подповерхностное противотечение (ЭПП, или течение Ломоносова), а также Южное экваториальное подповерхностное противотечение (ЮЭПП) [Stramma, Schott, 1999; Stramma et al., 2005]. СЭП и СЭПП, движущиеся с запада на восток на широте 8–10° с. ш., являются основными источниками кислорода для северо-восточной области экваториальной Атлантики. Северные потоки этих течений формируют структуру под названием Гвинейский купол (ГК) [Stramma et al., 2005]. Она представляет собой стационарный циклонический круговорот, где термоклин наиболее близко поднимается к поверхности. ГК прослеживается до глубины 350 м с центром в координатах около 10° с. ш. и 23° з. д. Диаметр ГК сезонно меняется в пределах сотен километров, наибольшие размеры купола приурочены к концу бореального лета, когда ВЗК смещается к северу и активность СЭП усиливается.

Зимой, когда преобладают северо-восточные пассаты, поток СБТ ослаблен и движется преимущественно на северо-запад вдоль побережья Южной Америки [Bourlès et al., 1999]. В результате снижаются темпы образования СЭП. В то же время под действием северо-восточных пассатов активизируются процессы формирования прибрежных апвеллингов у северо-западного побережья Африки [Schneider et al., 2014]. Как следствие, в поверхностном слое наблюдаются пониженные температуры и повышенные концентрации биогенных элементов, поступающие из подповерхностных и промежуточных вод. Одновременно происходит смещение ВЗК на юг, ближе к экватору [Vilela et al., 2018]. В декабре–феврале происходит интенсификация циркуляции Ангольского купола (АК), являющегося аналогом ГК в Южном полушарии. Центр АК располагается примерно на 10° ю. ш. и 9° в. д. [Stramma, Schott, 1999; Vilela et al., 2018].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили образцы донных осадков колонки АНС-33047 (08°16,380' с. ш., 31°42,870' з. д., глубина океана 4027 м, длина колонки 516 см), которая была отобрана в южной части котловины Зеленого Мыса, к востоку от Срединно-Атлантического хребта, в 33-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Николай Страхов» в 2016 г. (см. рис. 1). Отбор колонки осуществлялся ударной грунтовой трубкой.

На борту судна осадочный разрез разделяли вдоль на две половины: рабочую и архивную. Да-

лее проводили визуальное литологическое описание осадков и отбор проб из рабочей половины непрерывно с шагом 1 см. Ранее для колонки АНС-33047 была получена возрастная модель [Kuleshova et al., 2022], которая основана на сопоставлении данных стабильных изотопов кислорода с глобальной кривой LR04 [Lisiecki, Raymo, 2005], а также на результатах измерения магнитной восприимчивости и содержания карбоната кальция в осадке. Возраст основания вскрытых отложений составил 513 тыс. лет [Kuleshova et al., 2022].

Встреченный в нижней части колонки (горизонт 515–516 см) вид радиолярий *Stylatractus universus* является биостратиграфическим маркером: уровень его последнего появления в тропических широтах имеет возраст 400–540 тыс. лет [Kamikuri et al., 2009]. Данный датировочный уровень не противоречит возрастной модели колонки АНС-33047, что повышает достоверность выполненного ранее стратиграфического расчленения осадочного разреза [Kuleshova et al., 2022].

Исследование диатомовых водорослей и радиолярий проводили в микропалеонтологических препаратах в колонке АНС-33047 с интервалом опробования 10–20 см. Лабораторная обработка образцов осадка соответствовала стандартной процедуре, описанной Цилинским с соавторами [Zielinski et al., 1998], Абельманн с соавторами [Abelmann et al., 1999], а также в [Диатомовые водоросли СССР..., 1974]. Затем под биологическими микроскопами проходящего света Carl Zeiss PrimoStar и AxioLab.A1 анализировали готовые препараты при 300–1000-кратном увеличении.

Всего было изучено 34 слайда. В каждом препарате подсчитано не менее 200–300 экземпляров диатомей и радиолярий для расчета процентного содержания видов, а также их суммарной численности в 1 г сухого осадка. Пробы с содержанием менее 200 экземпляров включали в анализ, но считали недостаточно надежными.

Определялся таксономический состав комплексов диатомей и радиолярий. Для оценки вариаций палеоокеанологических условий встреченные виды были разделены авторами на группы в соответствии с имеющимися в литературе данными об их экологических предпочтениях [Атлас микроорганизмов..., 1977; Матуль, 1989; Matul, Mohan, 2017]. При анализе диатомей дополнительная палеоклиматическая информация может быть получена из данных по пресноводным видам, которые попадают в местные осадки с эоловыми потоками взвеси из Африки [Pokras, Mix, 1985]. Среди как диатомей, так и радиолярий некоторую часть в комплексах должны составлять широко распространенные виды, в том числе космополиты, встречающиеся от субарктических до тропических

широт. Анализ радиолярий в колонке АНС-33047 показал существенную численность видов, составляющих сейчас основу субарктической и северо-умеренной групп в Северной Атлантике и обычно встречающихся в поверхностных осадках всей Северной Атлантики [Матуль, 1989; Matul, Mohan, 2017]. Эти виды мы объединили в североатлантическую группу, отражающую более холодноводные условия, проявляющиеся при активизации дивергенции (апвеллинга более холодной воды к поверхности).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Микрорепалеонтологический анализ диатомей и радиолярий позволил установить спорадический

(нерегулярный) характер распределения кремневых микрофоссилий по разрезу колонки АНС-33047. В течение морских изотопно-кислородных стадий (МИС) 12–8 вариации численности диатомей и радиолярий имеют сходные тенденции: повышенные значения зафиксированы в пробах с возрастом около 513, 430, 300 и 250 тыс. лет. В осадках последних 246 тыс. лет диатомей практически отсутствуют, в то время как доля скелетов радиолярий в составе кремнистых отложений возрастает в пределах отдельных межледниковых интервалов МИС 7 и 5, а также в МИС 3 – Терминации I (около 50–16 тыс. лет назад). В голоцене наблюдается постепенное снижение численности радиолярий (рис. 2).

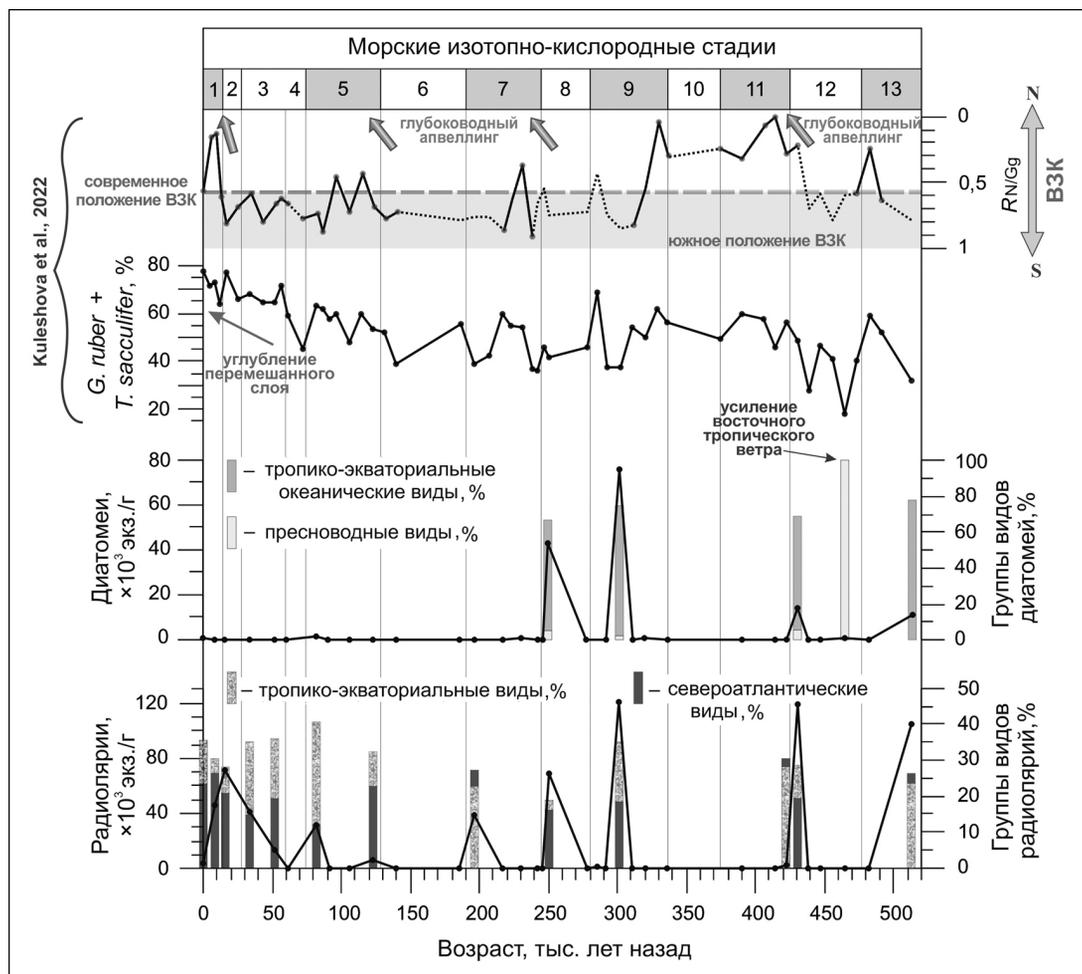


Рис. 2. Сопоставление кривых распределения общей численности и процентного содержания экологических групп диатомей и радиолярий с результатами анализа планктонных фораминифер (ПФ) [Kuleshova et al., 2022] в колонке АНС-33047.

Градиентными стрелками показаны интервалы развития глубоководного палеоапвеллинга, реконструированные по индексу  $R_{N/Gg}$  [Kuleshova et al., 2022]. Пунктирные участки на кривой  $R_{N/Gg}$  включают ненадежные значения, обусловленные интенсивным растворением карбонатных раковин планктонных фораминифер; штриховая линия отражает современное среднегодовое положение ВЗК согласно [Portilho-Ramos et al., 2017]

Fig. 2. Comparison of total abundance and relative abundances of the ecological species groups of diatoms and radiolarians with planktic foraminiferal data [Kuleshova et al., 2022] in the ANS-33047 core.

Gradient arrows indicate intervals of deep-water upwelling influence reconstructed from  $R_{N/Gg}$  index in accordance with Kuleshova et al. [2022]. The dotted lines on the  $R_{N/Gg}$  curve include possible unreliable values related to the influence of carbonate dissolution on planktic foraminiferal shells; the dashed line shows the modern annual ITCZ position, according to Portilho-Ramos et al. [2017]

Из 34 исследованных образцов диатомей встретились в девяти, и только в четырех пробах их число оказалось достаточным для количественного анализа и достоверной интерпретации данных. В пробе с глубины 480 см найдены в небольших количествах только пресноводные диатомей, и их содержание условно принято за 100%. Общая численность диатомовых водорослей варьирует от 0,4 до  $75,9 \times 10^3$  экз./г (см. рис. 2, табл. 1). Таксономический состав комплексов диатомей представлен 44 видами, среди которых четыре относятся к пресноводным и 16 – к тропико-экваториальным (табл. 2). Тропико-экваториальная группа видов доминирует в осадках

колонки, составляя 67,2–78,2%. Содержание пресноводных видов в целом невелико и достигает в сообществе 5,4 и 6% в конце МИС 8 и 12 соответственно. Преобладание пресноводных диатомей в колонке АНС-33047 отмечается только в начале МИС 12. Солонатоводные и/или сублиторальные / неритические виды диатомей обнаружены не были. Кроме диатомей из вышеупомянутых групп встречены широко распространенные виды, обитающие не только в тропических, но и в умеренных широтах, но в данном исследовании для палеоокеанологических выводов мы используем данные по узко ограниченной в распространении тропико-экваториальной группе.

Таблица 1

**Количественные данные по результатам анализа диатомей в колонке АНС-33047**

Глубина, см	Возраст, тыс. лет назад	Общая численность, экз./г	Количество таксонов	Доля тропико-экваториальных видов в сообществе, %	Доля пресноводных видов в сообществе, %	МИС
0	0	481	2			1
20	9	0	0			1
40	16	0	0			2
60	34	0	0			3
80	52	0	0			3
100	61	0	0			4
120	82	1054	5			5
140	91	0	0			5
160	106	0	0			5
180	123	0	0			5
200	140	0	0			6
210	186	0	0			6
220	196	0	0			7
240	217	0	0			7
260	231	562	3			7
280	242	0	0			7
290	246	0	0			8
300	250	42 993	15	67,2	5,4	8
310	278	0	0			8
320	285	0	0			9
330	292	0	0			9
340	302	75 870	33	75,2	2,6	9
350	311	0	0			9
360	320	380	3			9
380	336	0	0			9
400	390	0	0			11
420	414	0	0			11
430	422	0	0			11
440	431	13 682	19	69,3	6	12
450	439	0	0			12
460	447	0	0			12
480	465	744	3	0	100	12
500	482	0	0			13
515	513	11 128	15	78,2	0,5	13

Таблица 2  
Группы индикаторных видов диатомей  
в колонке АНС-33047

Тропико-экваториальная группа видов
<i>Alveus marinus</i> (Grunow) Kaczmarek & Fryxell
<i>Asterolampra marylandica</i> (Ehrenberg)
<i>Asteromphalus arachne</i> (Brebisson) Ralfs
<i>Asteromphalus elegans</i> (Greville)
<i>Asteromphalus imbricatus</i> (Wallich)
<i>Azpeitia africanus</i> (Schmidt) Fryxell & Sims
<i>Azpeitia neocrenulata</i> (Van Landingham) Fryxell & Watkins
<i>Azpeitia nodulifera</i> (Schmidt) Fryxell & Sims
<i>Coscinodiscus lanceolatus</i> (Castracane)
<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> (Wallich)
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt
<i>Rhizosolenia bergonii</i> (Peragallo)
<i>Rhizosolenia firma</i> (Karsten)
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) Alverson, Kang & Theriot
<i>Thalassiosira lineata</i> (Jouse)
Пресноводная группа видов
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen
<i>Nitzschia</i> sp.
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg

Радиолярии встречены в 18 пробах из 34 исследованных, однако проведение количественного анализа стало возможным только для 13 образцов с достаточным числом скелетов. Общая численность радиолярий меняется в пределах  $0,3\text{--}120 \times 10^3$  экз./г (см. рис. 2, табл. 3). Непрерывное распределение раковин отмечается для последних 50 тыс. лет со средней численностью около  $35 \times 10^3$  экз./г. Таксономический состав комплексов радиолярий представлен более чем 80 видами, среди них 19 родов относятся к тропико-экваториальной группе и 14 родов представляют североатлантическую микрофауну умеренного пояса (табл. 4). Доля тропико-экваториальных и североатлантических видов в сообществе радиолярий составляет 18,7–40,5 и 11,7–30,4% соответственно.

В горизонтах 300–301 см (около 250 тыс. лет назад) и 240–241 см (около 217 тыс. лет назад) обнаружено присутствие миоценовых радиолярий *Calocyclus* spp.

В осадках колонки АНС-33047 наблюдается неравномерное распределение диатомей и радиолярий (см. рис. 2). Присутствие раковин *Calocyclus* spp. в осадках возрастом около 250 и 217 тыс. лет, вероятно, обусловлено процессами переотложения осадочного материала придонными течениями.

Отсутствие или недостаточное количество кремневых микрофоссилий в большинстве изученных проб осложняют проведение палеорекоstructions. Поэтому для надежной интерпретации полученных данных в настоящем исследовании мы сравниваем их с ранее опубликованными сведениями о содержании экологически значимых видов планктонных фораминифер в колонке АНС-33047 [Kuleshova et al., 2022]. Так, вариации распределения тепловодных видов *Globigerinoides sacculifer* и *Globigerinoides ruber* применены в качестве индикатора изменения глубины перемешанного слоя (верхние 50–100 м): рост их процентного содержания свидетельствует о потеплении и углублении слоя. Кроме того, приведен индекс соотношения трех видов ПФ *Neogloboquadrina incompta*, *Neogloboquadrina dutertrei* и *Globigerinita glutinata*, отражающий смещения ВЗК в меридиональном направлении:

$$R_{N/Gg} = \frac{\% N. incompta + \% N. dutertrei}{\% N. incompta + \% N. dutertrei + \% G. glutinata}$$

Повышенные значения индекса свидетельствуют о миграции ВЗК на юг, к экватору, снижении температур и уменьшении глубины перемешанного слоя в районе исследования за счет усиления потоков воздуха, движущихся с востока на запад. Данные процессы сопровождалась поднятием богатых питательными веществами термоклинных вод к поверхности (активизация дивергенции). Понижение значений индекса, напротив, отражает миграцию ВЗК в северном направлении и углубление перемешанного слоя [Portilho-Ramos et al., 2017] над местом исследования. Установлено, что более выраженный глубоководный апвеллинг и уменьшение глубины перемешанного слоя над южной частью бассейна Зеленого Мыса предшествовали миграции ВЗК на север [Kuleshova et al., 2022].

Наблюдаемая низкая численность диатомей и радиолярий, а также соотношение основных видов в поверхностной пробе в целом согласуется с современными условиями распределения кремневых микрофоссилий в районе исследования [Nigrini, 1967; Goll, Björklund, 1971; Матуль, 1989]. К наиболее распространенным видам радиолярий можно отнести *Lithelius spiralis* и *Tetrapyle quadriloba*, в меньшем количестве обнаружены *Lithocircus reticulata*, *Octopyle stenozona* и *Panartus tehtrathalamus*. Среди диатомей встречены единичные створки видов *Azpeitia africanus* и *Azpeitia nodulifera*.

Зарегистрированная повышенная численность диатомей и радиолярий в пределах холодных интервалов (стадиалов) межледниковий МИС 13 (513 тыс. лет назад) и 9 (300 тыс. лет назад) (см. рис. 2), а также

во время Терминации V (на рубеже МИС 12/11, около 430 тыс. лет назад) и в конце МИС 8 (около 250 тыс. лет назад) свидетельствует о коротких событиях миграции кремневого пояса на север и о его присутствии

над южной частью бассейна Зеленого Мыса в период МИС 13–8. Увеличение численности радиолярий также отмечено в начале МИС 5 (около 123 тыс. лет назад) и в конце МИС 2 (около 16 тыс. лет назад).

Таблица 3

**Количественные данные по результатам анализа радиолярий в колонке АНС-33047**

Глубина, см	Возраст, тыс. лет назад	Общая численность, экз./г	Количество таксонов	Доля тропико-экваториальных видов в сообществе, %	Доля североатлантических видов в сообществе, %	МИС
0	0	3552	26	35,6	23,7	1
20	9	46 174	68	30,6	26,3	1
40	16	71 975	51	28,1	20,8	2
60	34	40 760	45	35,2	14,8	3
80	52	14 013	67	36,1	19,2	3
100	61	0	0			4
120	82	32 177	58	40,5	11,7	5
140	91	0	0			5
160	106	0	0			5
180	123	6667	52	32,2	23	5
200	140	0	0			6
210	186	0	0			6
220	196	38 511	62	23,3	27	7
240	217	324	8			7
260	231	0	0			7
280	242	0	0			7
290	246	42	1			8
300	250	69 410	45	18,7	16,1	8
310	278	337	5			8
320	285	1003	17			9
330	292	453	5			9
340	302	120 372	80	34,9	18,3	9
350	311	0	0			9
360	320	0	0			9
380	336	0	0			9
400	390	0	0			11
420	414	0	0			11
430	422	2982	26	28,3	30,4	11
440	431	119 049	77	28,7	19,4	12
450	439	0	0			12
460	447	0	0			12
480	465	0	0			12
500	482	0	0			13
515	513	104 609	74	23,7	26,5	13

Реконструируемые широтные смещения кремневого пояса около 430, 250, 123 и 16 тыс. лет назад сопровождались усилением глубоководного

палеоапвеллинга, которое, в свою очередь, приводило к повышению биологической продуктивности в фотическом слое (см. рис. 2). На формирование

глубоководного апвеллинга в районе исследования указывают данные микропалеонтологического анализа раковин планктонных фораминифер (ПФ) [Kuleshova et al., 2022]: рассчитанный индекс  $R_{N/Gg}$  отражает крайнее южное положение ВЗК, предшествующее ее миграции на север. Согласно Шнайдеру с соавторами [Schneider et al., 2014], помимо сезонных миграций выделяют ледниково-межледниковые изменения положения ВЗК: во время холодных ледниковых эпох отмечены миграции ВЗК на юг, а во время теплых межледниковых – на север. Вероятно, в переходные интервалы от ледниковий к межледниковьям происходило смещение фронтальных зон, влиявшее на интенсивность палеоапвеллинга и палеопродуктивность поверхностного слоя над южной частью бассейна Зеленого Мыса.

Таблица 4

**Группы индикаторных видов радиолярий  
в колонке АНС-33047**

Тропико-экваториальная группа видов
<i>Anthocyrtidium ophirens</i> (Ehrenberg)
<i>Artostrobium auritus-australis</i> (Ehrenberg)
<i>Botryocyrtilis scutum</i> (Harting)
<i>Centrobotrys thermophila</i> (Petrushevskaya)
<i>Collosphaeridae</i> spp.
<i>Dictyocoryne profunda</i> (Ehrenberg)
<i>Euchitonia</i> spp.
<i>Lipmanella dictyoceras</i> (Haeckel)
<i>Lithocircus reticulata</i> (Ehrenberg)
<i>Octopyle stenozona</i> (Haeckel)
<i>Panartus tetrathalamus</i> (Haeckel)
<i>Pterocanium praetextum praetextum</i> (Ehrenberg)
<i>Pterocorys hertwigii</i> (Haeckel)
<i>Pterocorys minithorax</i> (Nigrini)
<i>Rhizosphaera</i> spp.
<i>Spongaster tetras tetras</i> (Ehrenberg)
<i>Tetrapyle quadriloba</i> (Haeckel)
<i>Tricolocampe cylindrica</i> (Haeckel)
<i>Zigocircus</i> spp.
Североатлантическая группа видов
<i>Actinomma boreale</i> (Cleve) / <i>A. leptodermum</i> (Joergensen)
<i>Artobotrys borealis</i> (Cleve)
<i>Artostrobium tumidulum</i> (Bailey)
<i>Artostrobus annulatus</i> (Bailey)
<i>Artostrobus joergenseni</i> (Petrushevskaya)
<i>Cornutella profunda</i> (Ehrenberg)
<i>Lithelius spiralis</i> (Haeckel)
<i>Lithocampe platycephala</i> (Ehrenberg)
<i>Lithomelissa setosa</i> (Joergensen)
<i>Lithomitra lineata</i> (Ehrenberg)
<i>Sethoconus tabulatus</i> (Haeckel)
<i>Siphocampe arachnea</i> (Ehrenberg)
<i>Spongodiscus resurgens</i> (Ehrenberg)
<i>Spongopyle osculosa</i> (Dreyer)

Следовательно, подъем холодных и обогащенных питательными веществами вод на поверхность при апвеллинге мог способствовать развитию сообществ радиолярий и диатомовых водорослей. Возможно, активизация глубоководного палеоапвеллинга имела место и около 513 и 300 тыс. лет назад. Однако реконструкция палеоокеанологических условий по комплексам ПФ в это время осложнена интенсивным растворением карбонатных раковин.

В работе, посвященной исследованию осадков в восточной части Атлантики, в районе Ангольского купола [Pokras, 1987], увеличение процентного содержания створок диатомей установлено в пределах ледниковых интервалов (МИС 2, 4 и 6) и стадиялов межледниковий (МИС 5b и 5d). Согласно автору, «вспышки» развития сообществ диатомовых водорослей являются результатом усиления пассатов и интенсификации систем апвеллингов в ответ на увеличение меридионального градиента температур поверхностных вод во время холодных событий.

В исследуемой колонке АНС-33047, отобранной вблизи Срединно-Атлантического хребта, влияние прибрежных апвеллингов значительно слабее. Как следствие, для района характерна низкая продуктивность, что отразилось на практически полном отсутствии диатомей в осадках после МИС 8 (последние 246 тыс. лет) и их спорадическом появлении в интервале МИС 13–8.

Различия в распределении диатомей и радиолярий в течение последних 246 тыс. лет могут объясняться тем, что фитопланктон более чувствителен к условиям среды его обитания и стремительно реагирует даже на ее незначительные изменения, в то время как ассоциация зоопланктона отражает сглаженный (усредненный) сигнал свойств водной толщи в целом [Boltovskoy et al., 1996; Racki, Cordey, 2000; Афанасьева и др., 2005]. Кроме того, по мнению исследователей [Anderson et al., 1990; Takahashi, 1991], многие виды радиолярий способны выживать в условиях пониженного содержания растворенного в воде кремния. Таким образом, они обладают повышенными адаптационными способностями и устойчивостью к неблагоприятным условиям по сравнению с диатомеями.

В колонке АНС-33047 среди экологических групп диатомей в МИС 13, 12/11, 9 и 8 доминирующее положение занимает тропико-экваториальный комплекс. Наиболее распространены виды рода *Azpeitia* (*A. africanus*, *A. neocrenulata*, *A. nodulifera*) и широкотропические *Alveus marinus*, *Planktoniella sol*, *Thalassiosira lineata*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Shionodiscus oestrupii*. Пресноводный комплекс в этих горизонтах представлен единичными экземплярами *Aulacoseira granulata* и *Aulacoseira*

*islandica*. Только в начале МИС 12 (около 464 тыс. лет назад) отмечается преобладание пресноводных диатомей (*Aulacoseira granulata*, *Nitzschia* sp., *Synedra ulna*). В удаленную от берегов глубоководную область океана створки пресноводных видов, вероятно, принесены в составе золотого материала с африканского континента. Данный процесс широко проявляется в тропической и экваториальной Атлантике – в восточной и центральной частях акватории [Schrader et al., 1993; Lange et al., 1994; Treppke et al., 1996; Romero et al., 1999; 2000]. В качестве объяснения наблюдаемого масштабного переноса в МИС 12, судя по увеличению пресноводных диатомей в осадках колонки АНС-33047, может служить предполагаемое усиление тропического восточного ветра и активизация процессов дефляции, происшедших на фоне аридных условий во время холодного палеоклиматического события [Pokras, Mix, 1985; Romero et al., 1999]. Кроме того, активная атмосферная циркуляция могла действовать в тесной связи с интенсификацией экваториального апвеллинга во время четвертичных оледенений [Mix, Morey, 1996]. Влияние океанического апвеллинга на формирование повышенных концентраций взвешенного вещества в поверхностном слое открытой экваториально-тропической области Атлантики, в частности в районе Гвинейского купола, прослеживается в исследовании Е.С. Бубновой с соавторами [2020]. Авторы предполагают, что увеличение концентрации взвеси связано не только с активным переносом терригенных и органогенных частиц северо-восточными пассатами, но и с развитием в данном районе апвеллинга подповерхностных и промежуточных вод [Бубнова и др., 2020]. Занос пресноводных створок диатомей с речным стоком (например, Амазонки) представляется менее вероятным, поскольку неритические и сублиторальные виды в колонке АНС-33047 не обнаружены.

Среди экологических групп радиолярий тропико-экваториальные виды (главным образом, *T. quadriloba* и *Artostrobium auritus-australis*) характеризуются повышенным процентным содержанием в сравнении с североатлантическими представителями умеренного пояса (см. рис. 2, 3). Последние большей частью являются космополитами, обитающими в более холодных подповерхностных промежуточных водах [Матуль, 1989; Matul, Mohan, 2017]. Исключение составляют несколько проб с возрастом около 513, 422 и 196 тыс. лет, где доля североатлантических видов превышает тропико-экваториальные. В частности, в данных горизонтах в значительном количестве встречены *Artotrobus joergensenii*, *Cornutella profunda*, *Lithomitra lineata*, *L. spiralis*, характерные для умеренного пояса Северной Атлантики [Matul, Mohan, 2017]. Присутствие в осадках

колонки большего количества североатлантических видов радиолярий может свидетельствовать об усилении влияния более холодных глубинных вод на подповерхностную среду в районе исследования.

Непрерывное распределение раковин радиолярий в позднем плейстоцене – раннем голоцене (около 50–9 тыс. лет назад) может быть связано с постепенным углублением поверхностного (перемешанного) слоя и интенсификацией СЭП и СЭПП, циркулирующих в диапазонах глубин 0–100 и 100–500 м соответственно [Stramma, Schott, 1999]. Этот вывод согласуется с результатами микропалеонтологического анализа планктонных фораминифер [Kuleshova et al., 2022]: в пределах последних 50 тыс. лет наблюдается высокая относительная численность тепловодных видов *G. sacculifer* и *G. ruber*, которые доминируют в регионах с хорошо развитым перемешанным слоем, простирающимся ниже фотической зоны [Ravelo et al., 1990].

## ВЫВОДЫ

Исследование распределения кремневых микрофоссилий по разрезу колонки АНС-33047 позволило реконструировать события интенсификации апвеллинга и повышения биологической продуктивности поверхностных вод в восточной экваториальной области Атлантического океана в интервале последних 513 тыс. лет.

Одновременное резкое увеличение численности диатомей и радиолярий в среднеплейстоценовых осадках (около 513, 430, 300 и 250 тыс. лет назад) и кратковременность этих изменений позволяют предположить эпизодическое проникновение в район формирования осадков высокопродуктивных вод экваториальной дивергенции при ее смещении и/или расширении, в которых могли развиваться сравнительно богатые сообщества фито- и зоопланктона.

Синхронные импульсные события повышенной аккумуляции створок диатомей и раковин радиолярий, наблюдаемые 513–250 тыс. лет назад, сменились в последние 246 тыс. лет отдельными интервалами роста доли зоопланктона на фоне существенного сокращения представителей фитопланктона в составе кремневых микрофоссилий. Низкая абсолютная концентрация диатомей вплоть до их полного отсутствия в верхней части разреза свидетельствует о пониженной продуктивности поверхностных вод у края экваториального пояса активного накопления диатомовых водорослей. Доминирующим компонентом кремнезема в донных осадках в это время были радиолярии, возможно, отражая большее влияние глубоководного палеоапвеллинга на подповерхностную среду, чем на условия в поверхностном слое. Непрерывное распределение раковин радиолярий в позднем плейсто-

цене – раннем голоцене могло быть связано с постепенным углублением верхнего перемешанного слоя и интенсификацией северной ветви Северного экваториального поверхностного и подповерхностного противотечений.

Скачок численности пресноводных видов диатомей, зафиксированный в осадках возрастом около

464 тыс. лет назад, по-видимому, связан с интенсивным переносом эолового материала с африканского континента. Подобный масштабный перенос мог являться результатом усиления тропического восточного ветра и активизации процессов дефляции, происходивших на фоне суровых засушливых условий во время холодного палеоклиматического события.

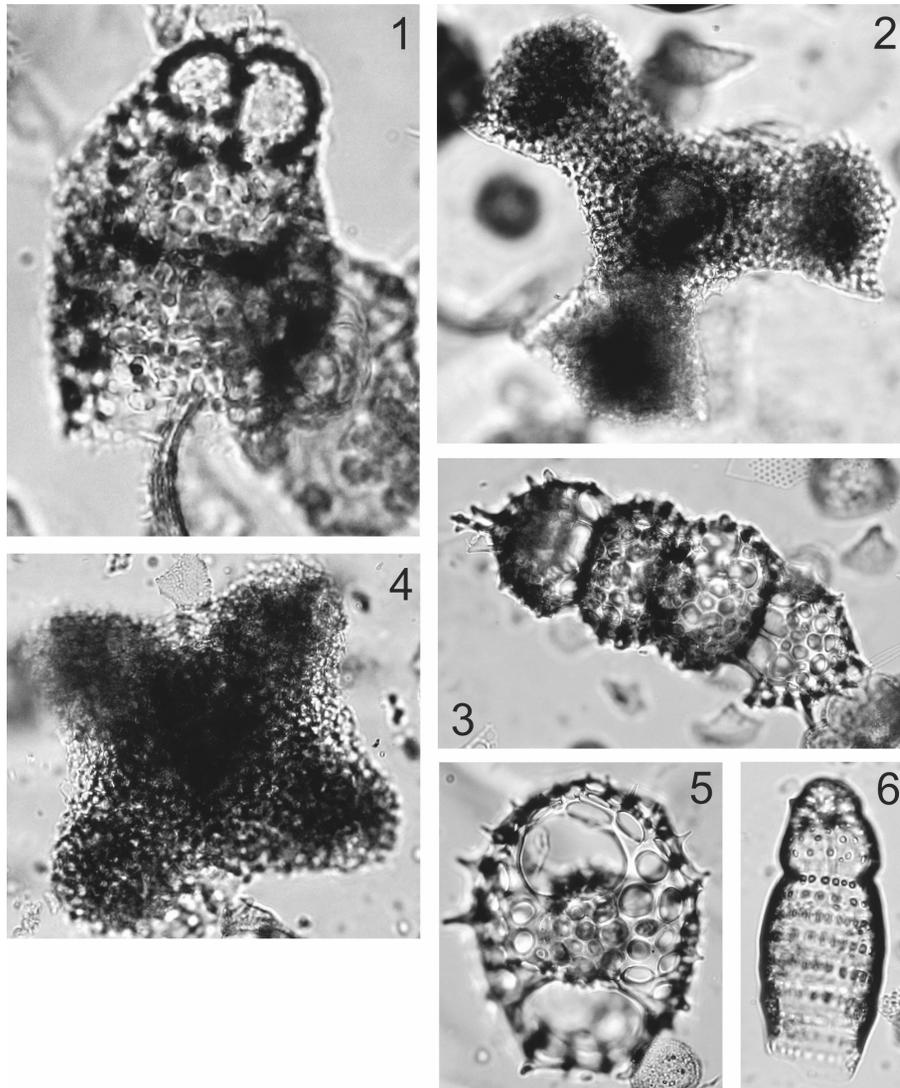


Рис. 3. Фотоснимки скелетов радиолярий из осадков колонки АНС-33047:

1 – *Botryocyrtis scutum* (Harting), 40–41 см; 2 – *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg, 80–81 см; 3 – *Panartus tetrathalamus* Haeckel, 80–81 см; 4 – *Spongaster tetras tetras* Ehrenberg, 60–61 см; 5 – *Tetrapyle quadriloba* Haeckel group, 40–41 см; 6 – *Tricolocampe cylindrica* Haeckel, 40–41 см

Fig. 3. Light microscopic images of radiolarian skeletons obtained from the ANS-33047 core:

1 – *Botryocyrtis scutum* (Harting), 40–41 cm; 2 – *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg, 80–81 cm; 3 – *Panartus tetrathalamus* Haeckel, 80–81 cm; 4 – *Spongaster tetras tetras* Ehrenberg, 60–61 cm; 5 – *Tetrapyle quadriloba* Haeckel group, 40–41 cm; 6 – *Tricolocampe cylindrica* Haeckel, 40–41 cm

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность Е.П. Пономаренко и двум анонимным рецензентам за конструктивные замечания, позволившие улучшить данную статью. Экспедиционные исследования проведены в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2021-0012), микропалеонтологический анализ диатомей выполнен при поддержке госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2021-0006), микропалеонтологический анализ радиолярий и интерпретация данных выполнены при поддержке гранта РФФ № 19-17-00246.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас микроорганизмов в донных осадках океанов (диатомеи, радиолярии, силикофлягеллаты, кокколиты) / под ред. А.П. Жузе. М.: Наука, 1977. 196 с.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О., Болтовской Д. Экология и биогеография радиолярий: новый взгляд на проблему. Часть 1. Экология и тафономия // Литосфера. 2005. № 3. С. 31–56.
- Бубнова Е.С., Капустина М.В., Кречик В.А., Сивков В.В. Распределение взвеси в поверхностном слое восточно-экваториальной Атлантики // Океанология. 2020. Т. 60. № 2. С. 259–267.
- Диатомовые водоросли СССР: ископаемые и современные. Т. 1 / под ред. А.И. Прошкина-Лавренко, З.И. Глезер, А.П. Жузе, И.В. Макарова, В.С. Шешуковой-Порецкой. Ленинград: Наука, 1974. 403 с.
- Кеннет Дж. Морская геология: в 2 т. / пер. с англ. М.: Мир, 1987. Т. 2. 384 с.
- Матуль А.Г. Распределение радиолярий в поверхностном слое осадков Северной Атлантики // Океанология. 1989. Т. 29. № 6. С. 992–998.
- Свальнов В.Н., Казарина Г.Х. Диатомовые илы среднего Каспия // Океанология. 2008. Т. 48. № 4. С. 634–640.
- Abelmann A., Brathauer U., Gersonde R., Sieger R., Zielinski U. Radiolarian-based transfer function for estimation of sea surface temperatures in the Southern Ocean (Atlantic sector), *Paleoceanography*, 1999, vol. 14, no. 3, p. 410–421.
- Abelmann A., Gowing M.M. Spatial distribution of living polycystine radiolarian taxa – baseline study for paleoenvironmental reconstruction in the Southern Ocean (Atlantic sector), *Marine Micropaleontology*, 1997, vol. 30, no. 1–3, p. 3–28.
- Anderson O.R., Bryan M., Bennett P. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 4. Factors determining the distribution and survival of *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* with implications for paleoecological interpretations, *Marine Micropaleontology*, 1990, vol. 16, no. 3–4, p. 155–167.
- Berger W.H. Planktonic foraminifera: selective solution and paleoclimatic interpretation, *Deep-Sea Research*, 1968, vol. 15, p. 31–43.
- Boltovskoy D., Correa N. Planktonic equatorial diversity troughs: fact or artifact? Latitudinal diversity gradients in Radiolaria, *Ecology*, 2017, vol. 98, no. 1, p. 112–124.
- Boltovskoy D., Uliana E., Wefer G. Seasonal variation in the flux of microplankton and radiolarian assemblage compositions in the northeastern tropical Atlantic at 2,195 m, *Limnology and Oceanography*, 1996, vol. 41, no. 4, p. 615–635.
- Bourlès B., Gouriou Y., Chuchla R. On the circulation in the upper layer of the western equatorial Atlantic, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1999, vol. 104, no. C9, p. 21151–21170.
- Goll R.M., Bjørklund K.R. Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean, *Micropaleontology*, 1971, vol. 17, no. 4, p. 434–454.
- Hein J.R., Parrish J.T. Distribution of siliceous deposits in space and time, *Siliceous sedimentary rock-hosted ores and petroleum*, 1987, p. 10–57.
- Hormann V., Lumpkin R., Perez R.C. A generalized method for estimating the structure of the equatorial Atlantic cold tongue: application to drifter observations, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2013, vol. 30, no. 8, p. 1884–1895.
- Kamikuri S.I., Motoyama I., Nishi H., Iwai M. Neogene radiolarian biostratigraphy and faunal evolution rates in the eastern equatorial Pacific ODP Sites 845 and 1241, *Acta Palaeontologica Polonica*, 2009, vol. 54, no. 4, p. 713–742.
- Kuleshova L.A., Bashirova L.D., Matul A.G. et al. Changing sea-surface and deep-water conditions in the southern Cape Verde Basin during the mid-Pleistocene to Holocene, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2022, vol. 594, p. 110921.
- Lange C.B., Treppke U.F., Fischer G. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events, *Deep Sea Research*, part I, *Oceanographic Research Papers*, 1994, vol. 41, no. 5–6, p. 859–878.
- Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene – Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records, *Paleoceanography*, 2005, vol. 20, PA1003, p. 1–17.
- Lisitzin A.P. The silica cycle during the last ice age, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1985, vol. 50, p. 241–270.
- Matul A., Mohan R. Distribution of polycystine radiolarians in bottom surface sediments and its relation to summer sea temperature in the high-latitude North Atlantic, *Frontiers in Marine Science*, 2017, vol. 4, p. 330.
- Mix A.C., Morey A.E. Climate Feedback and Pleistocene Variations in the Atlantic South Equatorial Current, *The South Atlantic: Present and Past Circulation*, G. Wefer, W.H. Berger, G. Siedler, D.J. Webb (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996, p. 503–525.
- Nigrini C. Radiolaria in pelagic sediments from the Indian and Atlantic Oceans, *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, University of California, San Diego, La Jolla, California, 1967, vol. 11, p. 1–125.
- Peterson R.G., Stramma L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean, *Progress in oceanography*, 1991, vol. 26, no. 1, p. 1–73.
- Pokras E.M. Diatom record of late Quaternary climatic change in the eastern equatorial Atlantic and tropical Africa, *Paleoceanography*, 1987, vol. 2, no. 3, p. 273–286.
- Pokras E.M., Mix A.C. Eolian evidence for spatial variability of Late Quaternary climates in tropical Africa, *Quaternary Research*, 1985, vol. 24, no. 2, p. 137–149.
- Portilho-Ramos R.C., Chiessi C.M., Zhang Y. et al. Coupling of equatorial Atlantic surface stratification to glacial shifts in the tropical rainbelt, *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, p. 1561.
- Racki G., Cordey F. Radiolarian palaeoecology and radiolarites: is the present the key to the past? *Earth-Science Reviews*, 2000, vol. 52, no. 1–3, p. 83–120.
- Ravelo A.C., Fairbanks R.G., Philander S.G.H. Reconstructing tropical Atlantic hydrography using planktonic foraminifera and an ocean model, *Paleoceanography*, 1990, vol. 5, no. 3, p. 409–431.
- Romero O.E., Lange C.B., Fischer G., Treppke U.F., Wefer G. Variability in Export Production Documented by Downward Fluxes and Species Composition of Marine Planktic Diatoms: Observations from the Tropical and Equatorial

- Atlantic, *Use of Proxies in Paleoceanography*, G. Fischer, G. Wefer (eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 1999, p. 365–392.
- Romero O.E., Fischer G., Lange C.B., Wefer G. Siliceous phytoplankton of the western equatorial Atlantic: sediment traps and surface sediments, *Deep Sea Research, part II, Topical Studies in Oceanography*, 2000, vol. 47, no. 9–11, p. 1939–1959.
- Sarmiento J.L., Gruber N. *Ocean Biogeochemical Dynamics*, Princeton, Woodstock, Princeton University Press, 2006, 503 p.
- Schneider T., Bischoff T., Haug G.H. Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone, *Nature*, 2014, vol. 513, p. 45–53.
- Schrader H., Swanberg I.L., Burckle L.H., Grønlien L. Diatoms in recent Atlantic (20° S to 70° N latitude) sediments: abundance patterns and what they mean, *Twelfth International Diatom Symposium, Developments in Hydrobiology*, H. van Dam (ed.), Springer, Dordrecht, 1993, vol. 90, p. 129–135.
- Stramma L., Hüttl S., Schafstall J. Water masses and currents in the upper tropical northeast Atlantic off northwest Africa, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2005, vol. 110, no. 12, C12006.
- Stramma L., Schott F. The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean, *Deep-Sea Research, part II, Topical Studies in Oceanography*, 1999, vol. 46, no. 1–2, p. 279–303.
- Takahashi K. Radiolaria: flux, ecology, and taxonomy in the Pacific and Atlantic, *Ocean Biocoenosis Series*, S. Honjo (ed.), Woods Hole Oceanographic Institution Press, 1991, no. 3, p. 1–303.
- Treppke U.F., Lange C.B., Wefer G. Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record, *Marine Micropaleontology*, 1996, vol. 28, no. 1, p. 73–96.
- Tubul Y., Koren I., Altaratz O. The tropical Atlantic surface wind divergence belt and its effect on clouds, *Earth System Dynamics*, 2015, vol. 6, no. 2, p. 781–788.
- Vilela I., Araujo M., Tyaquicã P., Veleda D. Empirical orthogonal function analysis of satellite-derived currents in the tropical Atlantic, *Tropical oceanography*, 2018, vol. 46, no. 2, p. 1–24.
- Zielinski U., Gersonde R., Sieger R., Fütterer D. Quaternary surface water temperature estimations: Calibration of a diatom transfer function for the Southern Ocean, *Paleoceanography*, 1998, vol. 13, no. 4, p. 365–383.

Поступила в редакцию 01.10.2022

После доработки 25.02.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## QUATERNARY SILICEOUS MICROFOSSILS OF THE EQUATORIAL ATLANTIC AND THEIR ROLE FOR PALEOCEANOGRAPHIC RECONSTRUCTIONS

L.A. Kuleshova<sup>1</sup>, A.G. Matul<sup>2</sup>, G.H. Kazarina<sup>3</sup>, L.D. Bashirova<sup>4</sup>

<sup>1–4</sup> Shirshov Institute of Oceanology

<sup>4</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Director of the Geoecology and Marine Environmental Management Centre

<sup>1</sup> Laboratory of the Atlantic Geology, Junior Scientific Researcher; e-mail: [lubov\\_kuleshova@mail.ru](mailto:lubov_kuleshova@mail.ru)

<sup>2</sup> Head of the Paleocology and Biostratigraphy Laboratory, Chief Scientific Researcher, D.Sc. in Geology and Mineralogy; e-mail: [amatul@mail.ru](mailto:amatul@mail.ru)

<sup>3</sup> Laboratory of Paleocology and Biostratigraphy, Leading Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: [gkazarina@mail.ru](mailto:gkazarina@mail.ru)

<sup>4</sup> Deputy Director of the Atlantic Branch IO RAS for Scientific Work, Head of the Laboratory for Geology of the Atlantic, Ph.D. in Geology and Mineralogy; e-mail: [bas\\_leila@mail.ru](mailto:bas_leila@mail.ru)

The paper presents the quantitative and taxonomic analysis of siliceous microfossils (diatoms and radiolarians) of the ANS-33047 deep-sea core (08°16,380' N, 31°42,870' W, 4027 mbsl, 5,16 mbsf), from the southern part of the Cape Verde Basin in the eastern equatorial Atlantic. We recognized two groups of radiolarians representing typical tropical-equatorial and temperate North Atlantic microfauna. The assemblage of fossil diatoms includes tropical-equatorial species, as well as freshwater diatoms which indicate the aeolian transfer of particulate matter from Africa. Sporadic distribution of diatoms and radiolarians indicates pulsatile character of silica accumulation in the equatorial zone during the Quaternary, i.e. intermittent periods with relatively intense and definitely weak silica accumulation. Both diatoms and radiolarians were dominant silica producers during the short intervals of marine isotope stages (MIS) 13–8. Their higher concentrations at ca. 513, 430, 300, and 250 ka probably reflect the penetration of highly productive waters of the Equatorial Divergence into the study area. Low numbers of diatoms coupled with the radiolarian abundance during some intervals of MIS 7–1 are probably the evidence of less productive conditions in the surface water layer and the alternating influence of deep-water paleo-upwellings, primarily on the subsurface. The peak of the freshwater diatoms at ca. 464 ka (MIS 12) indicates the possible intensification of deflation processes and the Tropical Easterly Jet transporting aeolian dust from African arid areas to the Atlantic Ocean.

**Keywords:** the Quaternary, diatoms, radiolarians, sedimentation, equatorial silica belt, the Cape Verde Basin

**Acknowledgements.** The authors are grateful to E.P. Ponomarenko and two anonymous reviewers for constructive comments, contributing to the improvement of the article. Field research was carried out under the state assignment of IO RAS (theme No. FMWE-2021-0012); study of diatoms was supported by the state assignment of IO RAS (theme No. FMWE-2021-0006); study of radiolarians and interpretation of the data were financially supported by the Russian Science Foundation (project No. 19-17-00246).

## REFERENCES

- Abelmann A., Brathauer U., Gersonde R., Sieger R., Zielinski U. Radiolarian-based transfer function for estimation of sea surface temperatures in the Southern Ocean (Atlantic sector), *Paleoceanography*, 1999, vol. 14, no. 3, p. 410–421.
- Abelmann A., Gowing M.M. Spatial distribution of living polycystine radiolarian taxa – baseline study for paleoenvironmental reconstruction in the Southern Ocean (Atlantic sector), *Marine Micropaleontology*, 1997, vol. 30, no. 1–3, p. 3–28.
- Afanasyeva M.S., Amon E.O., Boltovskoy D. Radiolarian ecology and biogeography: new vision of the problem, part 1, Ecology and taphonomy, *Litosfera*, 2005, no. 3, p. 31–56.
- Anderson O.R., Bryan M., Bennett P. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 4. Factors determining the distribution and survival of *Didymocystis tetrathalamus tetrathalamus* with implications for paleoecological interpretations, *Marine Micropaleontology*, 1990, vol. 16, no. 3–4, p. 155–167.
- Atlas mikroorganizmov v donnykh osadkakh okeanov (diatomei, radiolyarii, silikoflyagellyaty, kokkolity)* [Atlas of microorganisms in bottom sediments of the oceans (diatoms, radiolarians, silicoflagellates and coccoliths)], A.P. Jouse (ed.), Moscow, Nauka Publ., 1977, 196 p. (In Russian)
- Berger W.H. Planktonic foraminifera: selective solution and paleoclimatic interpretation, *Deep-Sea Research*, 1968, vol. 15, p. 31–43.
- Boltovskoy D., Correa N. Planktonic equatorial diversity troughs: fact or artifact? Latitudinal diversity gradients in Radiolaria, *Ecology*, 2017, vol. 98, no. 1, p. 112–124.
- Boltovskoy D., Uliana E., Wefer G. Seasonal variation in the flux of microplankton and radiolarian assemblage compositions in the northeastern tropical Atlantic at 2,195 m, *Limnology and Oceanography*, 1996, vol. 41, no. 4, p. 615–635.
- Bourlès B., Gouriou Y., Chuchla R. On the circulation in the upper layer of the western equatorial Atlantic, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1999, vol. 104, no. C9, p. 21151–21170.
- Bubnova E.S., Kapustina M.V., Krechik V.A., Sivkov V.V. Suspended matter distribution in the surface layer of the East Equatorial Atlantic, *Oceanology*, 2020, vol. 60, no. 2, p. 228–235.
- Diatomovye vodorosli SSSR: iskopaemye i sovremennye, t. 1* [The diatoms of the USSR: fossil and recent, vol. I], A.I. Proshkina-Lavrenko, S.I. Gleser, A.P. Jousé, I.V. Markarova, V.S. Sheshukova-Poretzkaya (eds.), Leningrad, Nauka Publ., 1974, 403 p. (In Russian)
- Goll R.M., Bjørklund K.R. Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean, *Micropaleontology*, 1971, vol. 17, no. 4, p. 434–454.
- Hein J.R., Parrish J.T. Distribution of siliceous deposits in space and time, *Siliceous sedimentary rock-hosted ores and petroleum*, 1987, p. 10–57.
- Hormann V., Lumpkin R., Perez R.C. A generalized method for estimating the structure of the equatorial Atlantic cold tongue: application to drifter observations, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2013, vol. 30, no. 8, p. 1884–1895.
- Kamikuri S.I., Motoyama I., Nishi H., Iwai M. Neogene radiolarian biostratigraphy and faunal evolution rates in the eastern equatorial Pacific ODP Sites 845 and 1241, *Acta Palaeontologica Polonica*, 2009, vol. 54, no. 4, p. 713–742.
- Kennett J. *Marine Geology*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1982. 813 p.
- Kuleshova L.A., Bashirova L.D., Matul A.G. et al. Changing sea-surface and deep-water conditions in the southern Cape Verde Basin during the mid-Pleistocene to Holocene, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2022, vol. 594, p. 110921.
- Lange C.B., Treppke U.F., Fischer G. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events, *Deep Sea Research, part I, Oceanographic Research Papers*, 1994, vol. 41, no. 5–6, p. 859–878.
- Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records, *Paleoceanography*, 2005, vol. 20, PA1003, p. 1–17.
- Lisitzin A.P. The silica cycle during the last ice age, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1985, vol. 50, p. 241–270.
- Matul A., Mohan R. Distribution of polycystine radiolarians in bottom surface sediments and its relation to summer sea temperature in the high-latitude North Atlantic, *Frontiers in Marine Science*, 2017, vol. 4, p. 330.
- Matul A.G. The distribution of radiolarians in the surface layer of North Atlantic bottom sediments, *Oceanology*, 1989, vol. 29, no. 6, p. 740–745.
- Mix A.C., Morey A.E. Climate Feedback and Pleistocene Variations in the Atlantic South Equatorial Current, G. Wefer, W.H. Berger, G. Siedler, D.J. Webb (eds.), *The South Atlantic: Present and Past Circulation*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996, p. 503–525.
- Nigrini C. Radiolaria in pelagic sediments from the Indian and Atlantic Oceans, *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, University of California, San Diego, La Jolla, California, 1967, vol. 11, p. 1–125.
- Peterson R.G., Stramma L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean, *Progress in oceanography*, 1991, vol. 26, no. 1, p. 1–73.
- Pokras E.M. Diatom record of late Quaternary climatic change in the eastern equatorial Atlantic and tropical Africa, *Paleoceanography*, 1987, vol. 2, no. 3, p. 273–286.
- Pokras E.M., Mix A.C. Eolian evidence for spatial variability of Late Quaternary climates in tropical Africa, *Quaternary Research*, 1985, vol. 24, no. 2, p. 137–149.
- Portillo-Ramos R.C., Chiessi C.M., Zhang Y. et al. Coupling of equatorial Atlantic surface stratification to glacial

- shifts in the tropical rainbelt, *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, p. 1561.
- Racki G., Cordey F. Radiolarian palaeoecology and radiolarites: is the present the key to the past? *Earth-Science Reviews*, 2000, vol. 52, no. 1–3, p. 83–120.
- Ravelo A.C., Fairbanks R.G., Philander S.G.H. Reconstructing tropical Atlantic hydrography using planktonic foraminifera and an ocean model, *Paleoceanography*, 1990, vol. 5, no. 3, p. 409–431.
- Romero O.E., Fischer G., Lange C.B., Wefer G. Siliceous phytoplankton of the western equatorial Atlantic: sediment traps and surface sediments, *Deep Sea Research, part II, Topical Studies in Oceanography*, 2000, vol. 47, no. 9–11, p. 1939–1959.
- Romero O.E., Lange C.B., Fischer G., Treppke U.F., Wefer G. Variability in Export Production Documented by Downward Fluxes and Species Composition of Marine Planktic Diatoms: Observations from the Tropical and Equatorial Atlantic, G. Fischer, G. Wefer (eds.), *Use of Proxies in Paleoceanography*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1999, p. 365–392.
- Sarmiento J.L., Gruber N. *Ocean Biogeochemical Dynamics*, Princeton, Woodstock, Princeton University Press, 2006, p. 1–503.
- Schneider T., Bischoff T., Haug G.H. Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone, *Nature*, 2014, vol. 513, p. 45–53.
- Schrader H., Swanberg I.L., Burckle L.H., Grønlien L. Diatoms in recent Atlantic (20° S to 70° N latitude) sediments: abundance patterns and what they mean, H. van Dam (ed.), *Twelfth International Diatom Symposium. Developments in Hydrobiology*, Springer, Dordrecht, 1993, vol. 90, p. 129–135.
- Stramma L., Hüttl S., Schafstall J. Water masses and currents in the upper tropical northeast Atlantic off northwest Africa, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2005, vol. 110, no. 12, C12006.
- Stramma L., Schott F. The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean, *Deep-Sea Research, part II, Topical Studies in Oceanography*, 1999, vol. 46, no. 1–2, p. 279–303.
- Sval'nov V.N., Kazarina G.Kh. Diatomaceous oozes of the Middle Caspian Sea, *Oceanology*, 2008, vol. 48, no. 4, p. 588–594.
- Takahashi K. Radiolaria: flux, ecology, and taxonomy in the Pacific and Atlantic, S. Honjo (ed.), *Ocean Biocoenosis Series*, Woods Hole Oceanographic Institution Press, 1991, p. 1–303.
- Treppke U.F., Lange C.B., Wefer G. Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record, *Marine Micropaleontology*, 1996, vol. 28, no. 1, p. 73–96.
- Tubul Y., Koren I., Altaratz O. The tropical Atlantic surface wind divergence belt and its effect on clouds, *Earth System Dynamics*, 2015, vol. 6, no. 2, p. 781–788.
- Vilela I., Araujo M., Tyaquicã P., Velela D. Empirical orthogonal function analysis of satellite-derived currents in the tropical Atlantic, *Tropical oceanography*, 2018, vol. 46, no. 2, p. 1–24.
- Zielinski U., Gersonde R., Sieger R., Fütterer D. Quaternary surface water temperature estimations: Calibration of a diatom transfer function for the Southern Ocean, *Paleoceanography*, 1998, vol. 13, no. 4, p. 365–383.

Received 01.10.2022

Revised 25.02.2023

Accepted 24.05.2023

УДК 911.375

## ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РОСТА МАЛЫХ ГОРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

И.П. Смирнов<sup>1</sup>, П.С. Лебедев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО Тверской государственный университет,  
кафедра социально-экономической географии и территориального планирования

<sup>1</sup> Доц., канд. геогр. наук; e-mail: Smirnov.ip@tversu.ru

<sup>2</sup> Аспирант; e-mail: lebedev.ps@tversu.ru

Статья посвящена актуальным вопросам развития малых городов Центральной России. Основное внимание в работе уделено пространственному росту малых городов и факторам, которые определяют этот процесс. Отдельно были рассмотрены примеры пространственного развития городов, увеличивающих свою людность и демографически сжимающихся городов. Все факторы пространственного роста были разбиты на две большие группы: эндогенные и экзогенные. В первом случае главным фактором роста становится местное население, силами которого расширяется пространство города. Во втором – ключевое значение имеют внешние силы, как правило, решения вышестоящих властей или активность крупных девелоперов. Для растущих городов вполне логичен и рост пространства. Большинство из них находятся в пригородах региональных центров, что проявляется в особенностях их развития за счет строительства новых многоэтажных жилищных комплексов, коттеджных поселков и комплексов таунхаусов. Интересно, что рост пространства характерен и для убывающих городов. Причем факторы пространственного роста в них более разнообразны. Поэтому в каждой группе факторов были выделены подгруппы в зависимости от дополнительных причин и агентов изменений. Среди эндогенных причин роста выделяются: строительство нового жилья обеспеченными слоями населения, возведение нового социального жилья, строительство нового жилья для военных и работников крупных промышленных предприятий. К экзогенным были отнесены административные присоединения близлежащих населенных пунктов (деревень, станционных поселков, военных городков) и деятельность внешних девелоперов. Исследование показало, что под действием разнообразных факторов многие малые города расширяют свое пространство, это приводит к усложнению их городского структуры.

**Ключевые слова:** городское пространство, городское сжатие, данные дистанционного зондирования Земли, агломерационное влияние крупных городов, социальное жилье, пространственное развитие

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.5

### ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в России малые города чаще всего рассматриваются как места проявления негативных процессов – депопуляции, экономического отставания и инфраструктурной неразвитости. Современная демографическая ситуация активизировала в профессиональных сообществах (архитекторов, проектировщиков, урбанистов, чиновников и др.) обсуждение необходимости разработки политики пространственного сжатия.

Согласно концепции Джиббса сжатие пространства есть стадия процесса урбанизации, т. е. является закономерным этапом развития общества [Кюммель, 1987]. Используя представления Джиббса, сложившуюся ситуацию в Центральной России

можно описать следующим образом. Классическая «внеагломерационная» сельская местность Центральной России практически полностью исчерпала свой демографический потенциал и перестала подпитывать населением местные центры. Высокая миграционная активность молодого населения малых городов приводит к сокращению их людности на фоне роста крупных городов, в первую очередь Москвы. А.И. Трейвиш [2010] выделил два вида сжатия – коммуникационное и физическое. Первое проявляется в увеличении проницаемости (доступности) территорий за счет развития транспорта и телекоммуникации. Второе – в сокращении обжитых, освоенных, экономически активных земель и вымывании ресурсов (людских, экономических,

финансовых) в зонах истощения. В нашей работе основное внимание уделено второму виду сжатия малых городов Центральной России.

В определениях зарубежных исследователей «сжимающимся» является город, в течение длительного времени испытывающий устойчивую депопуляцию, но при этом сохраняющий неизменными свои границы и пространственную структуру (Right Sizing America's Shrinking Cities). В современных работах российских географов под понятием «городского сжатия» подразумевается устойчивая депопуляция населения, экономическая стагнация и ухудшение качества городской среды [Ефремова, 2015]. Иногда такие города называют «депрессивными» или «кризисными» [Кризисные города России..., 1998; Город и деревня..., 2001].

Физические последствия сжатия выражаются в снижении качества городской среды и жилищного фонда, способствуют формированию образа непривлекательного для жизни и ведения деловой активности города [Гуныко и др., 2020]. В качестве индикаторов процесса «сжатия» используются показатели демографической и экономической динамики, развития жилищной сферы и инфраструктуры городов, но основное внимание уделяется именно демографическим изменениям [Ефремова, 2015].

Одной из ключевых проблем территориального планирования в малых городах сегодня является игнорирование властями факта депопуляции при разработке генеральных планов. Такая тенденция способствует экстенсивному развитию территории с привлечением в оборот все новых незанятых участков на периферии города [Гуныко и др., 2020]. В большинстве городских документов территориального планирования перспективы города закладываются в расчете на рост. Это приводит к разрастанию городской территории за счет нового, как правило, индивидуального, строительства, что было ранее описано на примере тверских городов [Лебедев и др., 2022].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Традиционно в географических исследованиях малые города рассматриваются как пунсоны на карте с различными демографическими и экономическими показателями, исследователи редко углубляются в тенденции развития городского пространства. В данной статье речь пойдет о факторах пространственного роста малых городов Центрального федерального округа. Всего было рассмотрено 190 городов (без учета городов Московского региона). Более подробно были изучены изменения, произошедшие в пространстве 20 городов за постсоветский период. На территории рассмотренных городов удалось не только выделить новые ареалы застройки, но и установить причины их появления.

Для каждого был рассчитан индекс динамики людности с 1989 по 2020 г. Данные последней советской переписи населения зафиксировали максимальные значения людности в большинстве малых городов Центральной России (табл. 1). Среди рассматриваемых городов лишь девять за последние 30 лет смогли увеличить численность своего населения (рост более 5%). Прирост населения зафиксирован в городах, оказавшихся под агломерационным влиянием более крупных городов: Балабаново (Москва и Обнинск), Кохма (Иваново), Рыбное (Рязань), Семилуки (Воронеж), Строитель (Белгород). В двух городах людность растет за счет административных преобразований, включения в состав города соседнего населенного пункта (Жуков) и военного городка (Богучар). Незначительный прирост населения зафиксирован еще в Грайвороне (рост 7%) и Фатеже (рост 8%). В обоих городах развиваются новые небольшие микрорайоны индивидуальной застройки на окраинах. В первом активно развивается агропромышленный сектор, а второй расположен в 40 км от Курска. Для подавляющего числа городов характерно сокращение людности, причем 96 из них потеряли более 20% своего населения. Наибольшие потери наблюдаются в трех городах Ивановской области – Пучеже, Юрьевце и Плесе, численность населения которых сократилась вдвое. Такая серьезная депопуляция в малых городах приводит к распространению идей среди властей и проектировщиков об управляемом сжатии территорий. Вопросы городского сжатия становятся все более популярны среди исследователей, недавно вышла большая монография, посвященная постсоциалистическим сжимающимся городам [Postsocialist Shrinking Cities, 2022].

Дешифрование космических снимков позволяет уловить пространственные изменения, происходящие на окраинах городов. Подобный способ был использован Р.А. Доховым и Н.А. Синицыным в работе, посвященной разрастанию Белгорода [2020]. В исследовании Чугуновой, Нарожней, Морковской [2022] для выявления особенностей развития пригородов Белгорода, Воронежа и Курска также применялись данные дистанционного зондирования Земли.

Путем сопоставления космических снимков разных годов были выявлены города, для которых характерен пространственный рост. В данной работе были использованы космические снимки серии спутников Landsat. Были взяты снимки спутников Landsat 4 и 5 за летний период 1989 г. и спутников Landsat 8 и 9 за лето 2022 г. Мультиспектральные снимки позволили подобрать комбинации, в которых можно отличить городскую застройку от природного отражения. Комбинация каналов (ближний инфракрасный, красный, зеленый) позволила обо-

значить контуры застройки 1989 и 2022 гг. соответственно. Для более детального анализа в некоторых случаях использовались снимки высокого разреше-

ния сервиса Google Earth разных периодов. На примере отдельных городов были рассмотрены модели их пространственного роста.

Таблица 1

### Динамика людности малых городов ЦФО, 1989–2020 гг.

Тип	Индекс динамики, %	Количество городов	Доля от общего кол-ва, %
Рост	>105	13	7
Стабильный	95–105	16	9
Убыль	80–95	65	34
Сильная убыль	65–80	82	43
Очень сильная убыль	>65	14	7
<i>Всего</i>	–	<i>190</i>	<i>100</i>

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все факторы роста малых городов можно разделить на две большие группы – эндогенные и экзогенные (рис. 1). В первом случае главным фактором роста становится местное население, именно его силами расширяется пространство города. Во втором – ключевое значение имеют внешние силы, как правило, решения вышестоящих властей или активность крупных девелоперов.



Рис. 1. Факторы пространственного роста малых городов

Fig. 1. Factors of the spatial growth of small cities

Рост людности и увеличение площади малых городов. Среди рассмотренных городов выделяются несколько примеров «нормального» развития, когда увеличение людности влечет за собой рост освоенного пространства. Чаще всего этот процесс наблюдается в малых городах – спутниках региональных центров: Строитель (Белгород), Кохма (Иваново), Семилуки (Воронеж) и др. (рис. 2). Главным субъектом пространственного роста здесь выступают

девелоперы (экзогенная группа факторов), которые застраивают более дешевую территорию новостройками эконом- и комфорткласса. Новое жилищное строительство не связано с развитием экономической базы города, не ведет к существенному росту количества рабочих мест, и, как следствие, налоговые поступления в местный бюджет возрастают незначительно. Новые жители оказывают дополнительную нагрузку на инфраструктуру этих городов, но при этом и платят налоги в региональном центре. В данной ситуации остается полагаться на добросовестность застройщиков и финансовую поддержку от региональной столицы.

Эндогенные факторы пространственного роста убывающих городов. Интересно, что рост пространства характерен и убывающим городам. Причем модели пространственного роста в них более разнообразны. Поэтому в каждой группе факторов были выделены подгруппы в зависимости от дополнительных причин и агентов изменений. Важным фактором пространственного развития в малом городе являются жители с достатком выше среднего. Именно пространственная сегрегация обеспеченных людей приводит к освоению ранее пустых территорий на периферии города и в местах, имеющих дополнительные привлекательные черты. Практически в каждом городе можно встретить такие примеры.

Новые участки хорошо видны на космических снимках, так как обладают рядом отличительных признаков. Первый признак – размер домов, значительно больше обычных домов в частном секторе, второй – сам земельный участок, часто огороженный забором, тоже имеет большую площадь, чем в старой части города. Например, в Бежецке по соседству с микрорайоном позднесоветского периода на бывших сельскохозяйственных полях развивается индивидуальное строительство. Данный район по-

лучил название Орлиха от одноименной деревни, расположенной по соседству. В Конаково главный ареал новой премиальной застройки располагается на берегу реки Сучок (приток Волги) и окружен особо охраняемой природной территорией «Конаковский бор» (рис. 3).

В регионах Черноземья более активно, чем в Центре, ведется строительство новых домов по госпрограмме устойчивого развития сельских территорий. Участники программы имеют возможность получения льготных ставок по ипотеке (от 0,1 до 3%).



Рис. 2. Пространственный рост малых городов в агломерационной зоне региональных центров: А – Кохма; Б – Семилуки; В – Строитель

Fig. 2. Spatial growth of small cities in the agglomeration zones of regional centers: А – Kokhma; Б – Semiluki; В – Stroitel



Рис. 3. Пространственный рост городов: А – Бежецк; Б – Конаково

Fig. 3. Spatial growth of towns: А – Bezhetsk; Б – Konakovo

Вторая подгруппа эндогенных факторов – это рост за счет строительства социального жилья для переселенцев из ветхого и аварийного жилья, многодетных семей и сирот (рис. 4). Как правило, земельные участки под них выделяли муниципалитеты. С целью экономии это строительство велось на городской периферии. Ярким примером является город Киреевск (Тульская обл.), где был построен новый микрорайон многоквартирных домов с общим фондом около двух тысяч квартир. В Рассказово активно развивается микрорайон Гвардейский с новыми индивидуальными домами, предназначенными, в частности, для переселенцев из ветхого жилья. В 25 км от Тамбова, на окраине города Котовск, ведется строительство нового микрорайона. Там бесплатно выделяются земельные участки многодетным семьям и другим льготным категориям граждан, в том числе из регионального центра.

Есть случаи, когда строительство нового жилья для переселенцев ведется точечно в центральной части города (Сафоново, Нелидово и др.). В Нелидове по этой программе жителей поселков при шахтах переселяли в новые дома в центре города.

В городах третьей подгруппы движущей силой пространственного роста являются объекты специального назначения, чаще всего это военные объекты – воинские части, центры, аэродромы и т. д. В последние годы Министерство обороны активно ведет строительство жилья для военных, а военная ипотека стала доступным инструментом его получения. В данном случае речь идет о тех военных объектах, которые уже длительное время размещаются в малых городах и их пригородах. Отметим несколько случаев, когда город растет за счет появления нового многоквартирного жилья для военных – это Богучар и Валуйки (рис. 5).

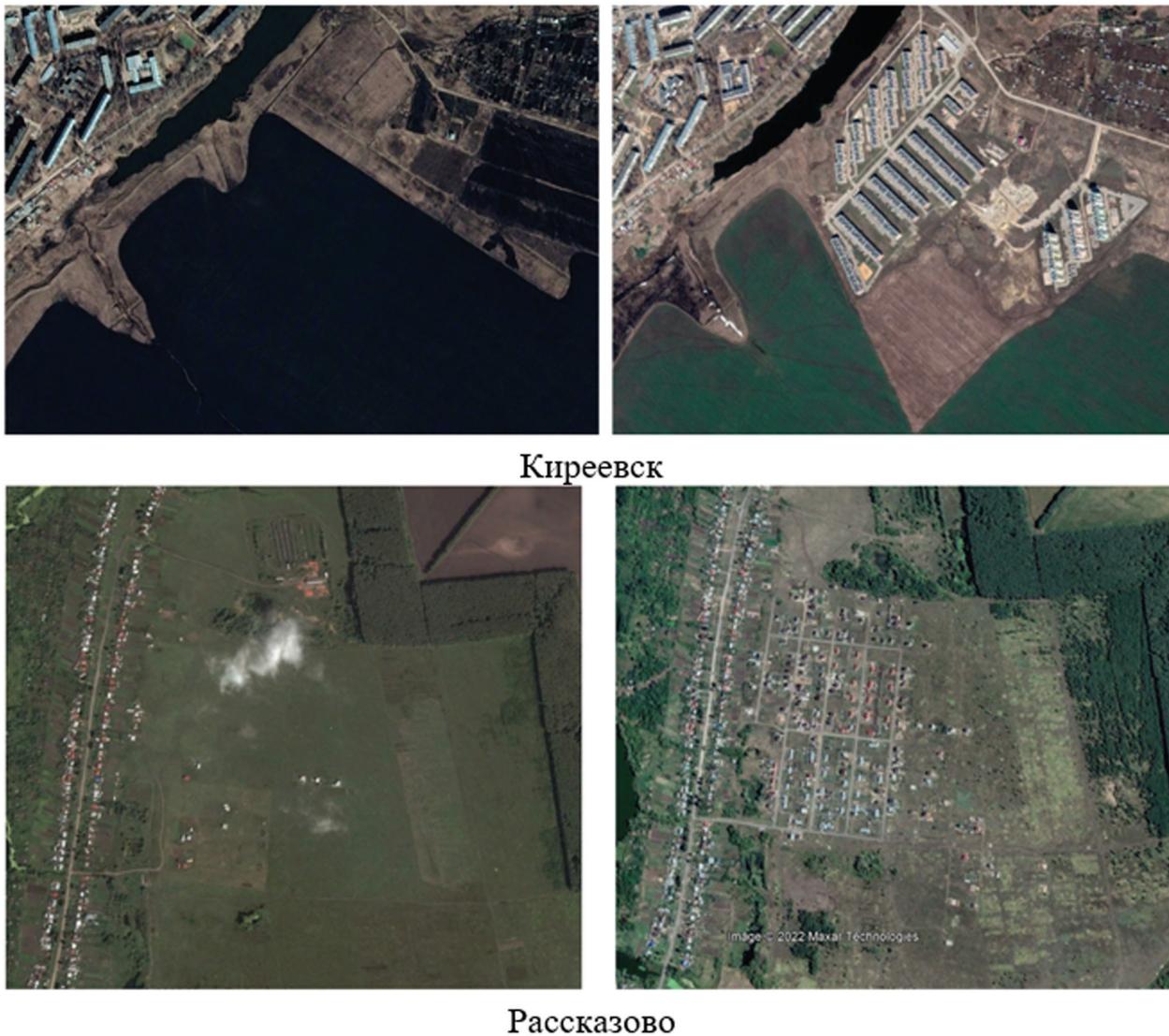


Рис. 4. Новые микрорайоны для переселенцев в Киреевске и Рассказове

Fig. 4. New residential districts for displaced persons in Kireevsk and Rasskazovo towns



Рис. 5. Пространственный рост г. Короча, Белгородская обл.

Fig. 5. Spatial growth of the Korocha town, Belgorod region

Еще одним видом эндогенного роста городского пространства являются крупные промышленные (главным образом, агропромышленные) предприятия. Именно они были главной движущей силой в советский период. Сегодня примеров активного участия бизнеса в строительстве жилья для своих сотрудников не так много. Рассмотрим некоторые из них – Короча (Белгородская обл.), Малоярославец и Медынь (Калужская обл.), Покров (Владимирская обл.). В Короча агрохолдинг «Мираторг» развивает отдельный микрорайон Уютный (см. рис. 5).

В Медыне агропромышленный комплекс «Мосмедынаагропром» построил микрорайон Новые Лужки. Газпром отметил строительством микрорайонов в Малоярославце и Покрове. Микрорайон Маклино построен в Малоярославце в начале 2000-х гг. на месте одноименной деревни, жилье здесь предназначено не только для сотрудников местных структур Газпрома, но и для переселенцев с северных территорий. Всего в микрорайоне проживает около семи тысяч человек. В Покрове небольшой микрорайон города носит название одного из дочерних предприятий Газпрома – Ямбурггаздобыча, а главная улица этой части города называется Ямбургская, в честь одноименного нефтегазоконденсатного месторождения на Ямале.

Экзогенные факторы пространственного роста убывающих городов. К экзогенным факторам относятся административные изменения, когда к городу присоединяют соседние населенные пункты, более мелкие городские поселения, пригородные деревни. Таких примеров довольно много – Богородицк, Вязники, Острогжск, Скопин, Трубчевск, Фокино и др. В данном случае интерес представляет генезис этих сателлитов – рабочие поселки при промышленных предприятиях, шахтах, железнодорожных станциях. Приведем пример Вязников (Владимир-

ская обл.), которые выросли за счет присоединения к ним поселка Нововязники (рис. 6). Данный поселок вырос при железнодорожной станции Вязники в нескольких километрах от самого города. В 2005 г. поселок городского типа Нововязники включен в границы города. Отметим, что два населенных пункта срослись своей застройкой в постсоветский период. Подобные административные преобразования часто искажают реальную численность населения города. Так, например, в результате присоединения к городу Донской (Тульская обл.) соседнего города Задонский он перешел из категории малых в категорию средних.



Рис. 6. Рост г. Вязники за счет присоединения поселка Нововязники

Fig. 6. Growth of the Vyazniki town due to incorporation of the Novovyazniki settlement

Второй вариант экзогенных факторов – это рост территории за счет военных поселений. Это может быть как присоединение уже давно существующих военных городков (Костерово, Нея, Сельцо), так и строительство новых микрорайонов в начале 1990-х гг. при выводе советских войск из стран Восточной Европы (Андреаполь, Ельня, Торжок).

Еще один вид экзогенных факторов – это пространственный рост за счет агломерационного влияния Москвы. Главное отличие от эндогенного роста заключается в том, что ключевым фактором изменений становятся иногородние девелоперы, а их основная целевая аудитория – не местные

жители, а московские дачники. Как правило, подобные коттеджные поселки появляются на окраинах городов. К таким примерам можно отнести Кременки (КремХаус), Малоярославец (Лесная деревня), Тарусу (Таруса), расположенные в Калужской области (рис. 7). На примере Малоярославца хорошо видно, как действие разных факторов приводит к появлению разных типов новой застройки. Газпром построил многоквартирные дома в Маклино, московские девелоперы строят жилой квартал Лесная деревня из таунхаусов, а местные жители – индивидуальное жилье на окраинах.

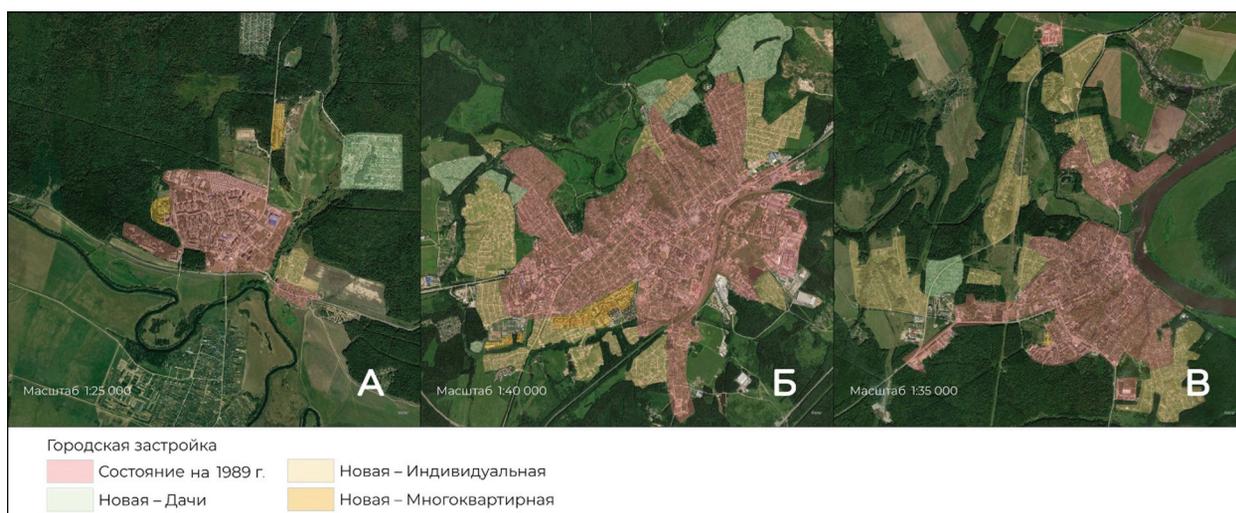


Рис. 7. Пространственный рост за счет строительства нового жилья в агломерационной зоне влияния Москвы: А – Кременки; Б – Малоярославец; В – Таруса

Fig. 7. Spatial growth due to the construction of new residential spaces in the Moscow agglomeration zone of influence: А – Kremenki; Б – Maloyaroslavets; В – Tarusa

Из рассматриваемых городов наибольший рост пространства происходит в городах, которые находятся в зонах влияния крупных агломераций (табл. 2). Самый выдающийся рост зафиксирован у города Строитель, далее расположились калужские города Таруса и Малоярославец. Значительный прирост пространства наблюдается в городах, в состав которых были включены соседние населенные пункты. Интересно, что самые низкие значения прироста характерны для тверских городов Андреаполя, Торжка и Бежецка.

### ВЫВОДЫ

Информационной основой исследований процессов пространственного роста малых городов могут служить космические снимки серии Landsat и снимки высокого разрешения.

Наиболее активное пространственное развитие в современных условиях свойственно малым городам – спутникам региональных центров и больших городов.

Подавляющее большинство малых городов Центральной России в постсоветский период теряют население. Несмотря на депопуляцию для многих малых городов характерен пространственный рост. Этот процесс протекает под действием двух групп факторов – эндогенных и экзогенных. Часто эти факторы действуют одновременно, что приводит к усложнению пространства.

Пространственный рост в убывающих малых городах чаще всего происходит за счет строительства нового индивидуального жилья. Многоквартирными домами, как правило, прирастают города, где строится жилье для военных и работников промышленных предприятий.

Географические особенности оказывают влияние на пространственное развитие малых городов. В Центрально-Черноземном районе пространственный рост малых городов выражен более явно, чем в Центральном. Вероятно, это связано с относительно более благоприятной демографической ситуа-

цией в окружающей их сельской местности. Стоит отметить также разницу в реализации программы по переселению из ветхого и аварийного жилья. В северных регионах ЦФО чаще всего социальное жилье представлено многоквартирными домами. В Черноземье оно может быть представлено новыми типовыми индивидуальными домами.

Пространственный рост для многих малых городов является серьезным вызовом. Ключевыми проблемами новых территорий становятся низкая

инфраструктурная обеспеченность и неудовлетворительная транспортная доступность, что приводит к росту социальной напряженности.

Приведенные примеры свидетельствуют о сложности современных урбанистических процессов в малых городах. В связи с разнообразием действующих факторов пространственного роста крайне сложно разработать унифицированную политику по управляемому сжатию малых городов, о которой в последние годы много говорят на разных уровнях.

Таблица 2

## Изменение площади рассматриваемых городов, 1989–2022 гг.

Город	Площадь, га		Прирост территории, %
	1989 г.	2022 г.	
Строитель	479,9	2 488,5	518,5
Таруса	470,1	841,1	178,9
Малоярославец	1 192,0	1 841,3	154,5
Короча	661,4	986,7	149,2
Кременки	119,9	178,5	148,9
Богучар	724,7	992,5	136,9
Вязники	1 691,0	2 224,0	131,5
Медынь	624,2	791,0	126,7
Валуйки	2 060,9	2 609,4	126,6
Семилуки	2 426,7	2 962,8	122,1
Покров	760,0	915,9	120,5
Кохма	1 039,0	1 200,8	115,6
Конаково	1 218,8	1 400,8	114,9
Рыльск	925,6	1 041,4	112,5
Рассказово	2 208,9	2 452,8	111,0
Киреевск	689,9	750,8	108,8
Ельня	873,1	934,3	107,0
Андреаполь	809,3	864,2	106,8
Торжок	1 892,2	2 010,1	106,2
Бежецк	1 112,1	1 177,1	105,8
<i>Итого</i>	<i>20 403,8</i>	<i>26 936,1</i>	<i>132,0</i>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен / под ред. Т. Нефедова, П. Полян, А. Трейвиш. М., 2001. 557 с.
- Ефремова В.А. Отечественный и зарубежный опыт изучения городов, теряющих население: тематика, методы и центры исследований // Региональные исследования. 2015. № 3. С. 86–98.
- Гулько М.С., Еременко Ю.А., Батунова Е.Ю. Стратегии планирования в условиях городского сжатия в России: исследование малых и средних городов // Мир России. 2020. Т. 29. № 3. С. 121–141. DOI: 10.17323/1811-038X-2020-29-3-121-141.
- Дохов Р.А., Сеницын Н.А. Спрол в России: рост и структурная трансформация пригородов Белгорода // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 191–206. DOI: 10.31857/S2587556620020053.
- Кризисные города России: пути и механизмы социально-экономической реабилитации и развития / В.Я. Любовный, О.С. Пчелинцев, Л.Я. Герцберг и др. Серия «Библиотека муниципального служащего». Вып. 5. М., 1998. 95 с.
- Кюммель Т. Стадиальная концепция урбанизации: методология и методы анализа // Методы изучения расселения. М., 1987. С. 82–100.

- Лебедев П.С., Смирнов И.П., Смирнова А.А., Ткаченко А.А. Социально-географическое пространство малых городов Тверской области // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2022. № 2. С. 86–100.
- Трейвиш А.И. «Сжатие» пространства: траектории и модели // Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. М., 2010. С. 16–32.
- Чугунова Н.В., Нарожняя А.Г., Морковская Д.Н. Структурные особенности ретроспективного использования земель метрополисных ареалов Белгородской, Воронежской, Курской областей в цифровой информационной модели // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8(74). № 2. С. 44–59.
- Postsocialist Shrinking Cities (1st ed.)*, С.-Т. Wu, M. Gunko, T. Strykiewicz, K. Zhou (eds.), Routledge, London, 2022, 392 p., DOI: 10.4324/9780367815011.

Поступила в редакцию 16.02.2023

После доработки 15.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## FACTORS OF THE SPATIAL GROWTH OF SMALL CITIES IN CENTRAL RUSSIA

I.P. Smirnov<sup>1</sup>, P.S. Lebedev<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Tver State University, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning

<sup>1</sup> Associate Professor, Ph.D.; e-mail: Smirnov.ip@tversu.ru

<sup>2</sup> Postgraduate Student; e-mail: lebedev.ps@tversu.ru

The article deals with topical issues of the development of small cities in Central Russia. The focus is on the spatial growth of small cities and the factors that determine the process. Examples of the spatial development of expanding and shrinking cities are discussed separately. All spatial growth factors were divided into two large groups, i.e. endogenous and exogenous. In the first case, the principal growth factor is the local population, whose efforts expand the urban space. In the second case, the external forces are of key importance, generally the decisions of higher authorities or the activities of large developers. The spatial expansion is quite logical for the growing cities. Most of them are located in the suburbs of regional centers, resulting in the peculiarities of their development due to construction of new multi-storey housing complexes, cottage settlements and townhouse complexes. Interestingly, the spatial growth is characteristic of declining cities as well. Moreover, the factors of their spatial growth are more diverse. Therefore, subgroups were distinguished in each group of factors depending on additional causes and agents of change. The endogenous causes of growth include the construction of new housing for the well-off segments of the population, the construction of new social housing, the construction of new housing for the military and the employees of large industrial enterprises, etc. Administrative incorporations of nearby settlements (villages, station settlements, military towns) and the activities of external developers are among the exogenous factors. The study showed that many small towns expand their space under the influence of various factors, this leads to the complication of their urban structure.

**Keywords:** urban space, urban compression, Earth remote sensing data, agglomeration influence of large cities, social housing, spatial development

### REFERENCE

- Chugunova N.V., Narozhnyaya A.G., Morkovskaya D.N. Strukturnye osobennosti retrospektivnogo ispol'zovaniya zemel' metropolisnyh arealov Belgorodskoj, Voronezhskoj, Kurskoj oblastej v cifrovoj informacionnoj modeli [Structural peculiarities of retrospective land use in the metropolis areas of Belgorod, Voronezh and Kursk regions in a digital information model], *Uchyonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*, vol. 8(74), 2022, no. 2, p. 44–59. (In Russian)
- Dokhov R.A., Sinityn N.A. Sprol v Rossii: rost i struktural'naya transformaciya prigorodov Belgoroda [Sprawl in Russia: Growth and Structural Transformation of the Belgorod Suburbs], *Izvestiya Rossijskoj Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2020, no. 84(2), p. 191–206. (In Russian)
- Efremova V.A. Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt izucheniya gorodov, teryayushchih naselenie: tematika, metody i centry issledovanij [Russian and international research on shrinking cities: themes, methods and centers of study], *Regional'nye issledovaniya*, 2015, no. 3, p. 86–98. (In Russian)
- Gorod i derevnya v Evropejskoj Rossii: sto let peremen* [The Town and the Country in European Russia: One Hundred Years of Change], T. Nefedova, P. Polian, A. Treivish (eds.), Moscow, 2001, 560 p. (In Russian)
- Gunko M., Eremenko Yu., Batunova E. Strategii planirovaniya v usloviyah gorodskogo szhatiya v Rossii: issle-

- dovanie malyh i srednih gorodov [Planning Strategies in the Context of Urban Shrinkage in Russia: Evidence from Small and Medium-sized Cities], *Mir Rossii*, 2020, vol. 29, no. 3, p. 121–141. (In Russian)
- Krizisnye goroda Rossii: puti i mekhanizmy social'no-ekonomicheskoy rehabilitatsii i razvitiya [Crisis cities of Russia: ways and mechanisms of socio-economic rehabilitation and development], V.Ya. Lyubovnyj, O.S. Pchelincev, L.Ya. Gerberg etc., Seriya "Biblioteka municipal'nogo sluzhashchego", vyp. 5, Moscow, 1998, 95 p. (In Russian)
- Kyummel' T. [Stadial concept of urbanization: methodology and methods of analysis], *Metody izucheniya rasseleniya* [Methods of settlement studies], Moscow, 1987, p. 82–100. (In Russian)
- Lebedev P.S., Smirnov I.P., Smirnova A.A., Tkachenko A.A. Social'no-geograficheskoe prostranstvo malyh gorodov Tverskoj oblasti [Socio-geographical space of small towns in the Tver region], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2022, no. 2, p. 86–100. (In Russian)
- Postsocialist Shrinking Cities (1st ed.)*, C.-T. Wu, M. Gunko, T. Strykiewicz, K. Zhou (eds.), Routledge, London, 2022, 392 p., DOI: 10.4324/9780367815011.
- Trejvish A.I. ["Compression" of space: trajectories and models], *Szhatie social'no-ekonomicheskogo prostranstva: novoe v teorii regional'nogo razvitiya i praktike ego gosudarstvennogo regulirovaniya* [Compression of socio-economic space: new aspects of the theory of regional development and practices of its state regulation], Moscow, 2010, p. 16–32. (In Russian)

Received 16.02.2023

Revised 15.04.2023

Accepted 24.05.2023

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТУРИСТСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ (НА МАТЕРИАЛАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ)

С.Э. Мышлявцева<sup>1</sup>, С.А. Меркушев<sup>2</sup>, В.В. Ланин<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, географический факультет

<sup>1</sup> Кафедра туризма, доц., канд. геогр. наук; e-mail: [mushl\\_sve@mail.ru](mailto:mushl_sve@mail.ru)

<sup>2</sup> Кафедра социально-экономической географии, доц., канд. геогр. наук; e-mail: [merck.sergey@yandex.ru](mailto:merck.sergey@yandex.ru)

<sup>3</sup> Кафедра математического обеспечения вычислительных систем, ст. преподаватель; e-mail: [vlanin@live.com](mailto:vlanin@live.com)

Исследование посвящено разработке методики и оценке туристской привлекательности городов, выполненной на примере малых и средних городов Пермского края. Города были оценены по восьми критериям, включающим 30 показателей. По результатам расчетов выделено четыре группы городов, различающихся по индексу туристской привлекательности. В группу с наиболее высокой туристской привлекательностью вошли Кунгур, Соликамск, Чайковский, Оса. Это главным образом города, сохранившие богатое культурное и природное наследие, в которых присутствует системный подход при принятии управленческих решений по формированию дружественной среды на протяжении двух последних десятилетий. Вторая группа объединила города Кудымкар, Нытву, Лысьву, Очер, Чердынь, Добрянку, Краснокамск. Города уступают по числу аттракторов, привлекающих туристские потоки. Исключение составляет Чердынь, имеющая высокую плотность культурного наследия, но отстающая в формировании сервисной среды. У городов группы высокий потенциал, но повышение туристской привлекательности будет зависеть от решения вопросов диверсификации и интенсификации производственной и непроизводственной сфер. В третью группу вошли Губаха, Чусовой, Чернушка, Усьель, Красновишерск, Верещагино. Большинство городов группы обладает высокой туристской узнаваемостью, которая обеспечивается их положением вблизи значимых туристских доминант. Для повышения привлекательности центров этих городов необходимо обеспечить их более тесные связи с окрестными доминантами с целью достижения эффекта синергии. В четвертую группу вошли Чермоз, Оханск, Кизел, Александровск, Горнозаводск, Гремячинск. Эта группа объединяет города с самой высокой долей минимальных оценок показателей. Для дальнейшего развития необходимо стремиться к формированию очагов дружественной туристской среды, усилению взаимодействия с соседними муниципалитетами для достижения синергетического эффекта.

**Ключевые слова:** транспортная доступность, комфортность городской среды, идентичность и разнообразие, инфраструктурная обеспеченность, индекс туристской привлекательности

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.6

### ВВЕДЕНИЕ

Небольшие города, имея разный путь развития, обладают неодинаковой туристской привлекательностью. Одни становятся узловыми центрами на устойчивых туристских маршрутах и принимают существенные туристские потоки, другие, имея потенциал, все же остаются в стороне от активного вовлечения в туристские процессы. Вопрос, какие факторы существенно влияют на формирование привлекательности и как можно управлять этим процессом, ставится в настоящем исследовании.

В последнее десятилетие наблюдается новый всплеск интереса к всестороннему изучению данных типов городов. В частности, рассматриваются вопросы создания комфортной городской среды и сохранения их историко-архитектурного облика [Енин, Седых, 2020], эффективного использова-

ния ресурсного потенциала [Панов, 2021], процессов ревитализации малых городов [Гуныко и др., 2019] и др. Прослеживается стремление к дифференцированному анализу городского пространства, делается акцент на изучение привлекательности отдельных составляющих городской среды как с точки зрения пространственной, так и функциональной структуры [Смирнов, Смирнова, 2021; Токташева, 2019; Молодых, Германова, 2021]. Малые и средние города, как правило, имеют один общественный центр, где сосредоточена вся общегородская жизнь. При беглом осмотре посетитель успевает ознакомиться только с частью города, в которой сосредоточены главные достопримечательности, и впечатление о городе в целом в основном сложится именно в результате того, что он увидит здесь. Центральные зоны и их отдельные части все чаще становятся предме-

тами научных исследований. Например, А.С. Попова и С.Б. Данилова, изучая проблемы и особенности центральных городских площадей, дают ряд предложений по их преобразованию [Попова, Данилова, 2018]. К.С. Мечетина и П.И. Лошаков на примере г. Ухты рассматривают основные приемы, используемые при формировании современного ландшафта городских площадей [Мечетина, Лошаков, 2018].

Мысль о том, что массовый туризм может и должен стать одним из важнейших факторов политики активизации (в современной трактовке ревитализации) небольших городов далеко не нова [Малый город, 1972]. Опыт путешествий по стране позволяет нам утверждать, что туристско-рекреационная среда рассматриваемых населенных пунктов России в настоящее время быстро улучшается, повышается комфортность проживания и пребывания в них. Если еще пять лет назад упомянутые изменения в основном затрагивали только главные города регионов, то теперь они характерны для многих малых и средних городов, а также поселков и сел [Зырянов, Зырянова, 2021].

Значительная часть малых городов имеет периферийное положение, в то время как «центральное положение города в системе расселения приносит дополнительные выгоды, а периферийное, т. е. глубинное, удаленное от демографического, экономического или иного центра, положение несет издержки» [Бабурин и др., 2016, с. 39]. Кроме того, за привлечение дополнительных ресурсов небольшие города вынуждены конкурировать между собой, поскольку ограниченные бюджетные средства распределяются на конкурсной основе для обеспечения их наиболее эффективного использования. В период с 2018 г. по настоящее время проводится Всероссийский конкурс «Формирование комфортной городской среды» (конкурс для городов с населением до 100 тыс. человек и исторических поселений) [Всероссийский конкурс..., 2023]. В рамках национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства» для городов анонсирован Всероссийский конкурс лучших проектов туристского кода центра города.

В Российской Федерации по данным Всероссийской переписи населения 2021 г. насчитывался 801 малый город (численностью до 50 тыс. чел.) и 146 средних (от 50 тыс. до 100 тыс. чел.). Это потенциальные конкуренты за ресурсы, в том числе на реализацию проектов по созданию комфортной городской среды. Федеральные средства выделяются только при наличии регионального софинансирования проекта. При подготовке заявок на участие в федеральном конкурсе с целью повышения шансов на успех на региональном уровне важно решить

управленческую задачу оптимального отбора городов, что невозможно сделать без строгого научного обоснования, опирающегося на набор четких критериев и показателей их оценивания.

Цель исследования – формализация и оценка туристской привлекательности малых и средних городов на примере Пермского края.

Под туристской привлекательностью города мы понимаем возможности городской системы притягивать к себе позитивное внимание посетителя (жителя, экскурсанта, туриста), благодаря существующему туристско-рекреационному потенциалу (ресурсам) и созданной туристско-рекреационной среде.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика оценки расчета индекса туристской привлекательности городских центров малых и средних городов включает систему, состоящую из восьми критериев и 30 показателей (табл. 1). По нашим представлениям она охватывает все компоненты, формирующие туристскую систему города, показатели являются объективными, доступными для сбора, измеримыми. При выборе показателей и критериев авторы стремились учесть все составляющие туристской привлекательности, хотя их возможности были ограничены отсутствием некоторых статистических данных и четких алгоритмов расчета ряда показателей.

Показатели оценивались по шкале от 1 (минимальное значение) до 5 баллов. Индекс туристской привлекательности рассчитывался как сумма значений всех показателей с учетом весовых коэффициентов, назначенных экспертами после обсуждения. Это, по нашему мнению, был самый творческий этап проводимого исследования, привнесший в исследование определенный момент субъективности. Минимальные и максимальные абсолютные значения определялись после сбора данных по каждому показателю. Для формирования шкалы числовых показателей использовался алгоритм кластеризации  $k$ -means ( $k = 5$ ).

Для сбора первичных данных были разработаны опросные листы, разосланные в муниципальные администрации. Поступившие данные прошли двухступенчатую проверку специалистами отдела туризма Министерства туризма и молодежной политики Пермского края, экспертами. Оценка произведена в пределах центров всех малых и средних городов Пермского края в марте 2022 г.

Предложенная методика прошла апробацию и принята Министерством туризма и молодежной политики Пермского края в качестве рабочего инструмента для проведения оценочных работ [Приказ..., 2021].

**Критерии и показатели оценки туристской привлекательности города [Мышляцева, 2021]**

Критерий	Показатель	Значение показателя
1. Транспортная доступность города	1.1. Число пар междугородних рейсов до города (по видам транспорта) в выходные дни (в субботу и воскресенье), ед.	Характеризует транспортную доступность городского центра для туристов и экскурсантов.
2. Обеспеченность туристской инфраструктурой	2.1. Число музеев в городе, всего, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса. Применяется с учетом значения музеев: региональные, муниципальные и негосударственные
	2.2. Число театров в городе, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса. Применяется с учетом значения театров: региональные, муниципальные и негосударственные
	2.3. Число объектов культурного наследия в центре города, в том числе памятников истории, градостроительства и архитектуры, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса. Применяется с учетом значения объектов федеральные, региональные, местные
	2.4. Плотность объектов культурного наследия, музеев, театров в центре города, ед./га	Характеризует уровень концентрации объектов туристского интереса в центре города
	2.5. Число монументов, скульптур, арт-объектов в центре города, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса
	2.6. Число объектов спортивной инфраструктуры (бассейны, спортивные комплексы, стадионы) в городе, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса
	2.7. Число предприятий общественного питания в центре города, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского сервиса.
	2.8. Плотность предприятий общественного питания в центре города, ед./га	Характеризует уровень концентрации объектов туристского сервиса. Рассчитывается от площади городского центра
	2.9. Число посадочных мест в предприятиях общественного питания в центре города, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского сервиса
	2.10. Обеспеченность посадочными местами в предприятиях общественного питания, %	Характеризует общую обеспеченность города местами в предприятиях общественного питания
	2.11. Наличие сувенирных магазинов в центре города, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского интереса
	2.12. Наличие коллективных средств размещения (далее – КСР) в городе, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского сервиса
	2.13. Число мест для размещения в КСР в городе, ед.	Характеризует уровень обеспеченности объектами туристского сервиса
3. Комфортность городской среды	3.1. Наличие пешеходных пространств в центре города, км	Характеризует уровень доступности объектов туристского интереса и комфорта передвижения в центре города. Рассчитывается общая протяженность пешеходных пространств в пределах городского центра. Пешеходное пространство – место, предназначенное исключительно для движения пешеходов, включает пешеходные улицы, аллеи, тротуары и др.
	3.2. Доля пешеходных пространств в центре города, %	Характеризует уровень комфортности нахождения в центре города
	3.3. Наличие озелененных территорий общего пользования (скверов, парков, лесопарков и т. д.) в центре города, га	Общая площадь озелененных территорий в пределах центра города. Характеризует уровень комфорта нахождения в центре города

Продолжение таблицы 1

Критерий	Показатель	Значение показателя
	3.4. Уровень озеленения центра города, %	Доля озелененных территорий общего пользования в общей площади центра города. Характеризует уровень комфорта нахождения в центре города
	3.5. Эстетическая привлекательность городского ландшафта, баллы	Характеризует идентичность и разнообразие городской среды. Учитывается наличие ландшафтных природных доминант (открытый водоем: пруд, озеро, река), расчлененный рельеф (наличие утесов, высоких береговых склонов, холмов и т. д.), наличие панорамных точек, мест панорамного обзора (природного и искусственного происхождения – доступные смотровые площадки, вышки, колокольни, природные балконы)
4. Идентичность и разнообразие	4.1. Число предприятий общественного питания в центре города, в основе меню которых блюда прикамской кухни, ед.	Характеризует идентичность и разнообразие туристского предложения
	4.2. Наличие народных промыслов, ед.	Характеризует идентичность и разнообразие туристского предложения
	4.3. Наличие местного производства товаров народного потребления и продажа продукции местных производителей в городе, ед.	Характеризует идентичность и разнообразие туристского предложения
	4.4. Количество туристских событийных мероприятий в год, ед.	Характеризует идентичность и разнообразие туристского предложения. Туристское событийное мероприятие – это массовое общественное мероприятие, ориентированное не только на местных жителей, но и на посетителей (туристов и экскурсантов). Применяется с учетом значения события международного, федерального, регионального, местного значения
5. Виртуальная привлекательность	5.1. Число поисковых запросов туристской направленности, ед./мес.	Оценка виртуальной туристской привлекательности города
6. Безопасность	6.1. Число совершенных преступлений в городе, ‰	Характеризует уровень безопасности городской среды
7. Активная позиция города	7.1. Участие муниципального образования в федеральных и региональных конкурсах на получение субсидий по благоустройству городской среды, ед.	Характеризует активную жизненную позицию и уровень сформированности проектных компетенций в области благоустройства
8. Объем туристского потока	8.1. Число туристов в муниципальном образовании, чел./год	Характеризует уровень реального спроса на туристский продукт муниципального образования
	8.2. Число туристов, приходящееся на 1 тыс. местного населения муниципального образования, ‰	Характеризует уровень реального спроса на туристский продукт города. Показывает число туристов, приходящееся на одну тысячу человек
	8.3. Число посетителей музеев города, чел./год	Характеризует уровень реального спроса на туристский продукт города
	8.4. Посещаемость туристских событийных мероприятий, чел.	Характеризует уровень туристского интереса к проводимым событиям

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам расчетов выделено четыре группы городов, различающихся по индексу туристской привлекательности (табл. 2).

Таблица 2

### Рейтинг малых и средних городов Пермского края по индексу туристской привлекательности

Место в рейтинге	Группа	Название	Баллы
1	I	Кунгур	402
2		Соликамск	377
3		Чайковский	353
4		Оса	348
5	II	Кудымкар	319
6		Нытва	314
7		Лысьва	302
8		Очер	297
9		Чердынь	290
10		Добрянка	276
11		Краснокамск	274
12	III	Губаха	262
13		Чусовой	255
14		Чернушка	235
15		Усолье	217
15		Красновишерск	217
16		Верещагино	213
17	IV	Чермоз	196
18		Оханск	196
19		Кизел	186
10		Александровск	176
21		Горнозаводск	172
22		Гремячинск	129

В группу с наиболее высокой туристской привлекательностью вошло четыре города. Среди них самым привлекательным городом для развития туризма оказался Кунгур. Его высокий суммарный балл (402) формируется благодаря самой большой доле максимальных пятибалльных значений промежуточных показателей (36,7% от общего числа).

Безусловно, это связано с длительной историей развития Кунгура как центрального места, консолидировавшего вокруг себя обширную территорию. Сохранившаяся застройка второй половины XVIII – начала XX в. создает атмосферу преуспевающего купеческого города (православные храмы, здание Гостиного двора, купеческие особняки и др.). На окраине города расположена достопримечатель-

ность общероссийского значения – Кунгурская ледяная пещера.

Но богатое наследие – не единственная причина достигнутого результата. По нашему мнению, в последние десятилетия в Кунгуре в наибольшей степени проявился системный подход при принятии управленческих решений, который позволил развиваться, не только сохраняя и используя богатое наследие, но и постоянно создавая новые точки притяжения, формируя среду, дружелюбную для горожан и гостей. Городские власти начали заниматься вопросами преобразования среды гораздо раньше других муниципалитетов региона, задолго до того, как появились крупномасштабные национальные и региональные проекты в этой сфере.

Пространство городского исторического ядра становится все более целостным, исторические здания удачно сочетаются с новыми малыми архитектурными формами. Объекты связаны воедино. Пешеходная зона улицы К. Маркса, насыщенная архитектурными достопримечательностями, продолжается участком улицы Гоголя, на четной стороне которой расположены музеи истории купечества и краеведческий. На перекрестке улиц Гоголя и Советской – сквер с памятником А.С. Губкину, обустроенный во второй половине 2000-х гг. Далее – малые архитектурные формы «Самовар», «Никитка-летун». В этом же квартале, на улице Октябрьской, художественный музей, за которым одна из архитектурных доминант города – Тихвинский храм.

Уютное микропространство сквера с памятником Губкину дополняется панорамой правого берега Сылвы с «проглядывающей» сквозь кроны деревьев архитектурной доминантой – Преображенским храмом, который относится «к постройкам типа “корабль” и действительно напоминает судно, плывущее по водам реки Сылвы» [Кунгур, 2009, с. 45].

В 2023 г. в городе началась реализация проекта «Кунгур. Город мастеров».

При достаточно больших успехах в повышении визуальных характеристик качества городской среды, хорошо видны нерешенные проблемы, среди которых преобразование Соборной площади, намеченное на ближайшую перспективу. Важно также преодолеть негативную тенденцию вымывания из функциональной структуры города ряда профильных функций, в первую очередь машиностроения, требуют решения и проблемы, связанные со значительной закарстованностью территории.

Один из старейших городов Уральского Прикамья – Соликамск – оказался на второй позиции рейтинга (377 баллов), доля пятибалльных значений частных показателей в данном случае 30%. Из наиболее весомых показателей, по которым Соликамск проигрывает Кунгуру, число монументов, скульп-

птур, арт-объектов в центре города, меньше в соликамском центре и объектов культурного наследия.

Как и Кунгур, Соликамск был в определенные периоды истории столичным центром обширной территории, пользовался выгодами географического положения на важных транзитных путях из Центральной России в Сибирь. Важная причина определенного отставания Соликамска сегодня – более позднее вступление на путь активного преобразования городской среды, оно четко наметилось только на рубеже 2000–2010 гг. Наиболее красноречивым свидетельством проблем, характерных для города в сфере туризма до этого, – ситуация вокруг уникального музея соли, который на рубеже веков был на грани исчезновения.

Среди позитивных изменений прежде всего необходимо отметить мероприятия по обустройству пространства исторического ядра вдоль левого берега р. Усолки. Здесь реализуется архитектурный проект «Соляная верста», ставший победителем Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды в 2020 г.

Несмотря на малый размер, река являлась естественной планировочной осью, вдоль которой развивался город. На ее левом берегу расположены главные объекты историко-культурного наследия города – центральный архитектурный ансамбль XVII–XVIII вв., включающий Соборную площадь, Троицкий и Крестовоздвиженский соборы, соборную колокольню, Богоявленскую и Воскресенскую церкви, дом воеводы, Людмилинскую соляную скважину, ставшую предвестником открытия Верхнекамского месторождения калийных солей, Мемориальный ботанический сад Г.А. Демидова.

Со временем Усолка оказалась исключенной из городской ткани, сократились пешеходные связи между берегами, которые заросли кустарником, тростником и рогозом. Главная идея проекта – возвращение реки в городской ландшафт. Уже появились двухкилометровый променад вдоль русла реки, детская игровая площадка «Детский сользавод», благоустроена территория Людмилинской скважины, реконструированы пешеходные мосты.

На третьей позиции рейтинга – Чайковский (353 балла), доля промежуточных оценок со значением 5 баллов снизилась в данном случае уже до 23,3%. Город не имеет преимуществ двух первых лидеров с богатым историческим наследием. Его пункт дифференциации – хороший потенциал, заложенный в советские годы, когда он развивался как своеобразная витрина социалистического мира в Пермском крае, образовательный центр, прежде всего спортивного и музыкального направлений, точка притяжения круизного и событийного (в сфере детского музыкального искусства) туризма. Чайковский в

советский период являлся примером реализации комплексного подхода к созданию комфортной среды для человека. И сегодня по показателям озелененности центра он выглядит очень выигрышно на фоне Кунгура и, особенно, Соликамска. Наследие советского периода в 1990-е гг. стремительно утрачивалось в первую очередь из-за достаточно жесткой трансформации городской производственной составляющей, выразившейся в «вымывании» из функциональной структуры ряда высокотехнологичных видов деятельности, что не могло не повлиять отрицательно на качество среды.

Положительные перемены стали наиболее заметны в последние пятнадцать лет. Один из их ярких маркеров – формирование новой специализации. Здесь построен Федеральный центр подготовки по зимним видам спорта «Снежинка» имени А.А. Данилова. В летнее время город является пунктом остановки круизных теплоходов, следующих по Воткинскому водохранилищу, хотя кризисная ситуация в сфере круизного судоходства не позволяет в полной мере использовать преимущества положения на реке, входящей в Единую глубоководную систему европейской части России.

Оса занимает четвертую позицию рейтинга среди всех рассматриваемых городов (348 баллов) и первую среди малых. Доля частных показателей с пятибалльными оценками в очередной раз снизилась, составив 20%. Город, который прошел более чем 430-летнюю историю развития, превосходит Чайковский по наличию объектов культурного наследия, числу монументов, скульптур, арт-объектов в центре города, но уступает последнему по уровню развития некоторых видов социальной инфраструктуры и благоустройству. По нашему мнению, Оса нуждается в активизации деятельности по формированию привлекательной городской среды. В частности, необходимо ускорить процессы преобразования исторических кварталов, более интенсивно заниматься диверсификацией финансовой базы этого процесса, развивать и преумножать местный опыт развития событийного туризма (мероприятия, связанные с экспедициями В. Беринга, театральные постановки столичного театра на открытом воздухе). Важно решить и давнюю проблему привлечения в город туристов круизных теплоходов, путешествующих по Каме.

*Вторая группа* объединила семь городов со значениями итогового показателя туристкой привлекательности в диапазоне 274–319 баллов. Доля промежуточных показателей со значением 5 баллов у городов группы колеблется от 6,7% (у Лысьвы, Очера, Краснокамска) до 16,7% (у Нытвы).

У всех городов оказались максимальными значения баллов по хотя бы одному частному показателю.

телю, характеризующему развитие общественного питания. Единства по другим промежуточным показателям, продемонстрировавшим максимальные значения, в группе нет.

По сравнению с предыдущей группой в рассматриваемых городах заметно сокращается количество достопримечательностей, способных консолидировать значимые туристско-рекреационные потоки. К ним, по нашему мнению, в Чердыни, Кудымкаре, Лысьве, Нытве, Очере, Краснокамске относятся уникальные музейные экспозиции в старейшем на Урале краеведческом музее имени А.С. Пушкина, Коми-пермяцком краеведческом музее имени П.И. Субботина-Пермяка, Музее каски, Музее ложки, Парке пермского периода, музее «Коммунальная квартира». В Кудымкаре и Лысьве – драматические театры, в Добрянке – ансамбль песни и танца народов Урала «Прикамье», санаторий «Уральская Венеция».

Важно, что в последние годы в связи со значительным увеличением объемов финансирования в рамках национальных проектов и региональных программ в ряде городов активизировались процессы преобразования городской среды: реконструируются улицы и бульвары, появляются разнообразные малые архитектурные формы, преобразуются городские библиотеки. Завершены работы по благоустройству центрального городского парка культуры и отдыха имени В.И. Ленина в Краснокамске, создается Центральный парк культуры и отдыха на берегу городского пруда в Нытве, реализуется проект благоустройства «Шаховская набережная» в Лысьве. Введен в эксплуатацию дворец культуры и спорта имени В.А. Ладугина в Добрянке, в этом же городе в рамках проекта инициативного бюджетирования начато приведение в порядок городского парка, который находился в заброшенном состоянии в течение длительного времени.

Говоря о Кудымкаре, следует отметить, что его относительно высокая туристская привлекательность обусловлена и сохраняющимся потенциалом, созданным в течение продолжительного периода, когда город выполнял столичные функции. Статус центра субъекта Российской Федерации был утрачен им только в 2005 г. Сохранение и трансляция самобытной коми-пермяцкой культуры через культурные события, национальную кухню, традиционные ремесла способствуют повышению туристской привлекательности места.

Типичная горнозаводская планировка Лысьвы, Нытвы, Очера, Добрянки, сложившаяся вокруг заводских прудов, позволяет сформировать полноценные городские водно-зеленые каркасы, совмещающие их с пешеходными пространствами, насыщенными разнообразными достопримечательностями, кото-

рые должны быть соединены с пешеходными зонами центральных микрорайонов. Особенно выигрышна в этом отношении позиция Добрянки: ее городские кварталы выходят также к Камскому водохранилищу. Для Краснокамска актуально решение проблемы обеспечения большей связности между городским центром и камской набережной. Отметим, что пока преобразование прибрежных зон в упомянутых городах идет достаточно медленно, поскольку финансовая база данных мероприятий слабо диверсифицирована, в основном это средства федерального и регионального бюджетов, конкуренция за использование которых весьма жесткая. В 2023 г. начата реализация проектов «Заводская набережная», в Добрянке, «Набережная стихий» в Краснокамске. Эти города, наряду с Кунгуром и Чусовым, стали победителями федерального конкурса в номинации «Малые города и исторические поселения».

Важно подчеркнуть, что развитие туризма и рекреации в рассматриваемых городах второй группы должно идти параллельно процессам диверсификации и интенсификации их производственной сферы, обогащения функциональной структуры непродовственными видами деятельности, напрямую не связанными с индустрией туризма. При развитии Нытвы, Добрянки и Краснокамска важно использовать потенциал взаимодействия в рамках Пермской агломерации, сделав акцент в Нытве на повышении эффективности функционирования территории опережающего социально-экономического развития, в Добрянке – на привлечении научно-исследовательской деятельности и высшего образования, в Краснокамске – на решении экологических проблем.

Чердынь, обладающая богатым историко-культурным наследием, в рассматриваемой группе выглядит особняком. Древняя столица княжества Пермь Великая, расположенная на высоких холмах над р. Колвой в окружении бескрайних лесов, ныне является объектом культурного наследия «Уездный город Чердынь» и обладает статусом «достопримечательное место». В его границах расположены церковь Иоанна Богослова, объект культурного наследия федерального значения; более 50 памятников градостроительства и архитектуры регионального значения [Приказ государственной..., 2020]. «Каждая улица, каждый храм, каждый дом – звено в цепи нескончаемой и неразрывной истории» [Чердынь, 2009, с. 2]. Ранее один из авторов данной статьи отмечал, что «масштаб и величие историко-культурного наследия, которым обладает город, в настоящее время сопоставим с масштабом проблем сохранения этого наследия» [Меркушев, 2010, с. 114].

Оказаться в первой группе Чердыни не позволяет уровень развития инфраструктуры и благоустройства. Если у остальных городов группы доля

промежуточных показателей с наименьшим значением (1 балл) не превышает 10%, то здесь она составляет 23,3%. Среди частных показателей с самыми низкими значениями – число коллективных средств размещения, предприятий общественного питания. Вследствие относительной неразвитости туристской инфраструктуры Чердынь принимает в основном экскурсионные потоки, что не позволяет ей более полно реализовать свой туристский потенциал. В связи с этим актуальным, на наш взгляд, остается предложение по разработке отдельной региональной программы развития города наподобие программы, которая была реализована в 1990-е гг. в Свердловской области к празднованию 400-летия г. Верхотурье.

В третью группу вошло шесть городов со значениями итогового показателя туристкой привлекательности в диапазоне 213–262 балла. Доля промежуточных показателей со значением 5 баллов у городов группы колеблется от 10% (Губаха, Чусовой) до 0% (Верещагино, Красновишерск).

У четырех городов из шести туристский потенциал выше, чем позиция, занимаемая ими в представленном рейтинге. Эти города имеют свое яркое лицо на туристской карте Пермского края либо за счет своеобразия географического положения, либо из-за наличия важных объектов притяжения туристов. Губаха известна как горнолыжная столица региона, Красновишерск является своеобразными воротами в горный Урал – территорию активного туризма. Чусовой, расположенный на р. Чусовой и одновременно в устье р. Усьвы, в которую в городской черте впадает Вильва, – конечный пункт целого ряда активных водных маршрутов и закономерное место расположения исторического этнопарка, в названии которого есть главный городской гидроним. Усолье – обязательный пункт посещения на культурно-познавательных маршрутах, благодаря Усольскому историко-архитектурному музею-заповеднику «Усолье Строгановское». И только Верещагино и Чернушка не имеют своего узнаваемого лица, хотя являются достаточно благоустроенными городами края.

Особенно стоит отметить Губаху. Она начала развиваться как центр угольной промышленности, а после Великой Отечественной войны стала местом сосредоточения химического и коксового производств. В промышленном городе нет объектов культурного наследия, а именно этот показатель имеет большой вес. Вместе с тем по числу монументов, скульптур, арт-объектов и числу туристов город получил наивысшие значения. В последнее десятилетие активно реализуются проекты преобразования городской среды. Ведущая роль в позитивных изменениях принадлежит ПАО «Метафракс», при

поддержке предприятия проведена реконструкция главных улиц и городского сквера Победы, возведены храм и мечеть. Благодаря участию в краевом грантовом конкурсе «Пермский край – территория культуры», который нацелен на активизацию позитивных преобразований локальной среды за счет консолидации усилий местных сообществ, административного ресурса и т. д., городская среда насыщена интересными арт-объектами: «Музыка северного ветра», памятник пермскому периоду, «Птица счастья», фонтан в виде книги и др.

Главная туристская доминанта – всесезонный курорт «Губаха», развивающийся на базе крупнейшего в крае горнолыжного комплекса, который за сезон 2021 г. принял 120 тыс. посетителей [Распоряжение Правительства..., 2022]. Предприятие реализует масштабный проект развития совместно с АО «Корпорация «Туризм.РФ», в будущем предполагается привлечение 500 тыс. посетителей. Наличие курорта положительным образом сказывается на развитии губахинского сектора услуг: активно сдается жилье, развиваются сети общественного питания и коллективных средств размещения. Кроме этого, позитивные преобразования среды формируют основу для приема туристских потоков более разнообразного спектра, что поддерживается и развитием событийного туризма (ландшафтно-театральный фестиваль «Тайны горы Крестовой», фестиваль-реконструкция «Губаха Alive»).

Лидеры третьей группы Губаха и Чусовой схожи и по стремлению активно использовать потенциал своего топографического положения, отличающегося наличием удачных панорамных площадок в городской черте и окрестностях, которые постепенно обустроиваются. Новые туристские маршруты здесь также разрабатываются с учетом своеобразия сочетания природной и урбо-индустриальной сред. Говоря о таких маршрутах, А.С. Лучников отмечает, что «Губахинский променад» объединяет точки в городском пространстве и природные достопримечательности вокруг горы Крестовой, а «Улица советского периода» способствует повышению туристской привлекательности микрорайона Старый город в Чусовом [Лучников, 2019]. В этом же направлении развивается и музейная деятельность (музей КУБа в Губахе, проект «Включи старый город» в Чусовом).

Красновишерск – один из двух самых северных городов Пермского края, расположился на левом берегу р. Вишеры и является местом, где начинаются и заканчиваются активные путешествия по горному Уралу. Главные достопримечательности – камни Ветлан и Полюд – расположены в непосредственной близости от города, с них открываются одни из самых привлекательных панорамных видов в регионе.

В отличие от Чусового и Губахи, в которых развитие туристско-рекреационной функции идет параллельно с трансформацией и интенсификацией производственной сферы, в Красновишерске фактически отсутствует устойчивая функциональная база. На наш взгляд, без решения проблемы возрождения производственных функций на основе инновационных технологий развитие туристско-рекреационной функции будет сталкиваться с трудно преодолимыми препятствиями.

Усолье расположено в пределах Березниковско-Соликамской агломерации, что мы расцениваем позитивно. Однако руководству Березниковского городского округа необходимо переосмыслить развитие этой части территории с позиции всестороннего использования потенциала музея-заповедника «Усолье Строгановское» в деятельности по преобразованию городской среды. Важно обратить внимание на необходимость совершенствования транспортной системы агломерации. Одна из перспективных функций города – туризм выходного дня как в рамках агломерации, так и в масштабе всего региона.

Таким образом, для большинства городов третьей группы увеличение туристской привлекательности видится в более эффективном использовании потенциала своеобразия географического положения или наличия важных объектов притяжения туристов.

Перспективы повышения привлекательности Чернушки и Верещагино, по нашему мнению, связаны с развитием их как центров корпоративного туризма – места обсуждения проблем труда и отдыха в сфере добычи нефти и газа (Чернушка) и железнодорожного машиностроения (Верещагино).

Четвертая группа объединила шесть городов со значениями итогового показателя туристкой привлекательности в диапазоне 172–196 баллов. За пределами группы с самым низким значением показателя оказался Гремячинск (127 баллов). Доля промежуточных показателей со значением 5 баллов у городов группы составляет 3,3% для Горнозаводска, Кизела, Оханска, Чермоза) и 0% для Александровска и Гремячинска.

В группе больше всего показателей оценено на самые низкие баллы. Доля промежуточных показателей со значением один балл составила 33,3% (Оханск), 36,7% (Александровск, Горнозаводск, Гремячинск, Кизел), 43,3% (Чермоз). Такая высокая доля минимальных оценок говорит о неразвитости инфраструктуры, отсутствии, за редким исключением, объектов историко-культурного наследия в городских центрах.

Исключение составляет самый малочисленный город края – Чермоз, в котором сосредоточено более 15 объектов культурного наследия, в том числе

памятник федерального значения, относящийся к первой половине XIX в., – церковь Рождества Богородицы.

Рассматриваемые города пока слабо используют возможности действующих проектов, целью которых является качественное преобразование среды. Так, победителями конкурсов в рамках проекта «Пермский край территория культуры» становились только Горнозаводск (2013) и Оханск (2019).

Александровск ведет свою историю с момента основания чугуноделательного завода, поэтому типичная горнозаводская планировка вокруг пруда создает условия для формирования очень привлекательной среды для жителей и гостей. Поэтому мы позитивно оцениваем победу города в VII Всероссийском конкурсе лучших проектов создания комфортной городской среды с проектом «Мост времени».

Оханск расположен на правом берегу р. Камы в месте впадения в нее р. Очер. Городские кварталы, занимающие живописные террасы камской долины, выглядят очень привлекательно с туристских судов и паромной переправы Оханск – Юго-Камский, которая обеспечивает городу кратчайший выход к краевому центру. В советский период этим видом могли любоваться и пассажиры многочисленных скоростных теплоходов, работавших на всем протяжении среднего и нижнего течения Камы от Перми до Чистополя. В связи с этим следует отметить, что в последние годы в Нижегородской области интенсивно развиваемое скоростное сообщение с использованием современных судов на подводных крыльях способствует вовлечению малых городов региона в практики, связанные с туризмом выходного дня. Но даже если этот опыт и будет перенимать Пермский край, со стороны руководства Оханского муниципального округа потребуются серьезная работа по поиску потенциальных точек притяжения туристов и экскурсантов, а также по преобразованию среды города.

Таким образом, отсутствие значимых достопримечательностей, общая неразвитость инфраструктуры, низкий уровень качества городской среды существенно влияют на уровень туристской привлекательности городов четвертой группы. Для дальнейшего развития необходимо придерживаться стратегии точечного развития отдельных аттракторов, очагов дружественной туристу среды. Обязательно взаимодействие с соседними территориями для достижения синергетического эффекта.

При разработке методики и выполнении оценочных работ авторам не удалось избежать некоторых проблемных моментов. Так, представляется спорным учет критерия «Объем туристского потока». Высокая посещаемость города туристами во многом является следствием факторов, оцениваемых

первым и вторым критериями. То есть имеет место частичный повторный учет преимуществ одних городов и недостатков других. Кроме того, ориентируясь на существующий поток, мы, возможно, упускаем из виду и недооцениваем потенциально привлекательные территории по причине отсутствия информации, слабой предпринимательской активности и т. п. На наш взгляд, в дальнейшем вместо рассматриваемого критерия целесообразно использовать узнаваемость города, которая может измеряться, например, частотой упоминаний о нем в социальных сетях.

К слабым местам предложенной методики относится вынужденное использование показателей «простого наличия» объектов. Но на данном этапе получение более детальных данных (например, по пропускной способности, количеству посадочных мест и др.) практически невозможно в силу их отсутствия, а также необходимости проведения исследования в ограниченные сроки.

Определенный недостаток показателя «Эстетическая привлекательность городского ландшафта» связан с ограниченным количеством экспертов, хорошо знакомых с объектами оценки. В дальнейшем его использование при тиражировании опыта будет представлять большую сложность.

Важно также подчеркнуть, что при проведении таких работ для избегания определенного формализма, получения целостного представления о городском центре, проверки результатов необходима полевая работа экспертной группы. Без этого не обойтись, поскольку малые города пока плохо охвачены такими сервисами, как «Яндекс.Панорамы»; снимки, когда они есть, обновляются реже. Кроме того, состояние наших городов сильно отличается зимой, осенью и летом, что приводит к сильной волатильности их туристской привлекательности по сезонам года.

Перспективы продолжения исследования видятся в разработке информационной системы комплексной оценки туристской привлекательности малых и средних городов на основе представленной методики – интернет-портала, предоставляющего эксперту инструменты для работы с моделью оценки туристской привлекательности и возможности аналитической обработки данных. Это позволит тиражировать опыт и на другие регионы.

## ВЫВОДЫ

Оценка туристской привлекательности малых и средних городов актуальна на современном этапе с

позиции задействования всего многообразия имеющихся возможностей, которые предоставлены как государством, так и частными инвесторами. С помощью разработанной методики кластерного анализа выделено четыре группы городов Пермского края, отличающихся степенью туристской привлекательности.

Группа с наиболее высокой туристской привлекательностью объединила главным образом города, сохранившие богатое культурное и природное наследие, в которых присутствует системный подход при принятии управленческих решений по формированию дружелюбной среды на протяжении двух последних десятилетий.

Вторая группа городов уступает первой по числу достопримечательностей, привлекающих туристские потоки. Исключение составляет Чердынь, имеющая высокую плотность культурного наследия, но отстающая в формировании сервисной среды. Повышение туристской привлекательности в данном случае будет зависеть от решения вопросов диверсификации и интенсификации производственной и непромышленной сфер.

Большинство городов третьей группы обладает высокой туристской узнаваемостью, которая обеспечивается их положением вблизи значимых туристских доминант. Для повышения привлекательности центров этих городов необходимо обеспечить их более тесные связи с окрестными доминантами с целью достижения эффекта синергии.

Четвертая группа объединяет города с самой высокой долей минимальных оценок показателей. Для их дальнейшего развития необходимо стремиться к формированию очагов дружественной туристской среды, усилению взаимодействия с соседними муниципалитетами для достижения синергетического эффекта.

В рамках совершенствования процесса изучения туристской привлекательности необходимо исключить из методики частичный повторный учет преимуществ одних городов и недостатков других; начать разработку системы сбора и мониторинга, включающей базу данных с качественными и количественными характеристиками достопримечательностей; в большей степени формализовать оценку эстетической привлекательности; подготовить предложения по улучшению эффективности картографических сервисов.

Целесообразно создать информационную систему для более широкого охвата изучаемых городов и тиражирования опыта на другие регионы.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела по туризму Министерства по туризму Пермского края и персонально С.М. Климовой за помощь в сборе материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабурин В.Л., Земцов С.П., Кидяева В.М. Методика оценки потенциала экономико-географического положения городов России // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2016. № 1. С. 39–45.
- Гулько М.С., Пивовар Г.А., Аверкиева К.В. Ревитализация в малых городах Европейской России (на примере Боровичей, Выксы, Ростова) // *Известия РАН. Серия географическая.* 2019. № 5. С. 18–31. DOI: 10.31857/S2587-55662019518-31.
- Зырянов А.И., Зырянова И.С. Оценка городов и сел по созданию туристско-рекреационной среды // *Настоящее и будущее России в меняющемся мире: общественно-географический анализ и прогноз: материалы междунар. науч. конф. (XII Ежегодная научная Ассамблея АРГО).* Ижевск, 2021. С. 130–135.
- Кунгур. Путеводитель: информационно-справочное издание. СПб.: Маматов, 2009. 120 с.
- Лучников А.С. Туризм в Горнозаводском Прикамье: роль в трансформации функций территории и проблемы развития // *География и туризм.* Вып. 1. 2019. С. 84–91.
- Малый город. Социально-демографическое исследование небольшого города / Б.С. Хорев. М., 1972. 248 с.
- Меркушев С.А. Туризм и рекреация в контексте социально-экономического развития территорий Пермского края // *География и туризм: сб. науч. тр. Пермский гос. ун-т,* 2010. Вып. 8. С. 112–136.
- Молодых М.С., Германова В.А. Анализ ландшафтно-экологического каркаса города Калач Воронежской области // *Архитектурные исследования.* 2021. № 4(28). С. 64–68.
- Мышляцева С.Э. Туристская привлекательность малых городов: подходы к исследованию // *Настоящее и будущее России в меняющемся Мире: общественно-географический анализ и прогноз: материалы Междунар. науч. конф. (XII Ежегодная научная Ассамблея АРГО).* Ижевск, 2021. С. 877–883.
- Панов В.А. Модель актуализации ресурсного потенциала Юрьевца // *Перспективы науки.* 2021. № 5(140). С. 104–106.
- Попова А.С., Данилова С.Б. Реконструкция центральных площадей на примере средних и малых городов Ленинградской области // *Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды: материалы межрегион. научно-практ. конф., 29–30 ноября 2018 г.* СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 110–115.
- Смирнов И.П., Смирнова А.А. Общественные пространства малых городов Тверской области // *Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика 2021: сб. науч. ст. VII Всероссийская научная конференция с международным участием, Смоленск, 15–17 октября 2021 г.* Смоленск: Смоленский гос. ун-т, 2021. С. 425–431.
- Токташева А.С. Проблемы архитектурно-планировочной организации общественных пространств на примере города Ревды // *Архитектура, градостроительство и дизайн.* 2019. № 1(19). С. 21–29.
- Чердынь. Путеводитель: информационно-справочное издание. СПб.: Маматов, 2009. 95 с.
- Электронные источники*
- Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды. Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды». Национальный проект «Жилье и городская среда». URL: <https://konkurs.gorodsreda.ru> (дата обращения 10.01.2023).
- Енин А.Е., Седых Ю.О. Создание комфортной городской среды и сохранение историко-архитектурного облика малых городов России // *Архитектурные исследования.* 2020. № 2(22). С. 82–95. URL: [https://cchgeu.ru/science/nauchnye-izdaniya/arkhitekturnye-issledovaniya/AI%202\(22\).pdf](https://cchgeu.ru/science/nauchnye-izdaniya/arkhitekturnye-issledovaniya/AI%202(22).pdf) (дата обращения 20.12.2022).
- Мечетина К.С., Лошаков П.И. Преобразование городских площадей малого северного города в современные общественные пространства // *Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды: материалы межрегион. научно-практ. конф., 29–30 ноября 2018 г.* СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 116–120. URL: [https://www.spbgasu.ru/upload/files/nauchinnovaz/konferenzii/20181122/Современные\\_общественные\\_пространства\\_конф\\_ДАС.pdf](https://www.spbgasu.ru/upload/files/nauchinnovaz/konferenzii/20181122/Современные_общественные_пространства_конф_ДАС.pdf) (дата обращения 15.12.2022).
- Приказ государственной инспекции по охране объектов культурного наследия Пермского края от 23.09.2020 г. № пр-01-06-129 «О включении в перечень выявленных объектов культурного наследия». URL: <https://nasledie.permkrai.ru/upload/iblock/9e1/6418cv1ec5wku bs1wih0tltctverbw22z.pdf> (дата обращения 15.09.2022).
- Приказ Министерства по туризму и молодежной политике Пермского края от 23.06.2021 г. СЭД 47-01-04-117 «Об утверждении порядка оценки туристской привлекательности малых и средних городов Пермского края и состава Экспертной комиссии по проведению оценки туристской привлекательности малых и средних городов Пермского края». URL: <https://mtm.permkrai.ru/dokumenty/99125/> (дата обращения 15.09.2022).
- Распоряжение Правительства Пермского края от 01 апреля 2022 г. № 82-рп «Об утверждении Стратегии развития туризма в Пермском крае на период до 2035 г.». URL: <https://mtm.permkrai.ru/dokumenty/256183/> (дата обращения 20.09.2022).

Поступила в редакцию 13.02.2023

После доработки 21.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## ASSESSMENT PROCEDURES FOR STUDYING THE TOURIST ATTRACTIVENESS OF SMALL AND MEDIUM CITIES (CASE STUDY OF THE PERM REGION)

S.E. Myshliavtseva<sup>1</sup>, S.A. Merkushev<sup>2</sup>, V.V. Lanin<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Perm State University, Faculty of Geography

<sup>1</sup> Department of Tourism, Associate Professor; Ph.D. in Geography; e-mail: mushl\_sve@mail.ru

<sup>2</sup> Department of Socio-Economic Geography, Associate Professor; Ph.D. in Geography; e-mail: merck.sergey@yandex.ru

<sup>3</sup> Department of Mathematical Support of Computing Systems, Senior Lecturer; e-mail: vlanin@live.com

The main aim of the study is to elaborate the assessment methodology for studying the tourist attractiveness of cities. The assessment procedures were tested for small and medium cities of the Perm region. The cities were assessed according to 8 criteria and 30 indicators. According to the results of calculations, four groups of cities with different indices of tourist attractiveness were identified. The group of the highest tourism attractiveness included the cities of Kungur, Solikamsk, Tchaikovsky and Osa. These are mainly cities that have preserved a rich cultural and natural heritage; over the past two decades there is a systematic approach in making managerial decisions to create a friendly environment. The second group includes the cities of Kudymkar, Nytva, Lysva, Ocher, Cherdyn, Dobryanka and Krasnokamsk. The cities have less attractors of tourist flows. The exception is Cherdyn, which has a high density of cultural heritage, but lags behind in the formation of a service environment. The cities of the group have a high potential, but the increase in tourist attractiveness will depend on the diversification and intensification of the industrial and non-industrial spheres. The third group includes the cities of Gubakha, Chusovoy, Chernushka, Usolye, Krasnovishersk and Vereshchagino. Most of the cities are well-recognizable, due to their location near significant tourist landmarks. To increase the attractiveness of the city centers it is necessary to ensure their closer connection with the surrounding dominants in order to achieve a synergy effect. The fourth group included the cities of Chermoz, Okhansk, Kizel, Aleksandrovsk, Gornozavodsk and Gremyachinsk. The group brings together the cities with the highest share of the lowest performance scores. Their further development requires the formation of a tourist-friendly environment, and closer interaction with neighboring municipalities in order to achieve a synergistic effect.

**Keywords:** transport accessibility, comfort of the urban environment, identity and diversity, infrastructure provision, index of tourist attractiveness

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude to the staff of the Department of Tourism of the Ministry of Tourism of the Perm Krai and personally to S.M. Klimova for their assistance in collecting materials.

### REFERENCES

- Baburin V.L., Zemtsov S.P., Kidyayeva V.M. Metodika otsenki potentsiala ekonomiko-geograficheskogo polozheniya gorodov Rossii [Methodology of evaluating the potential of the economic-geographical position of Russia's towns], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 1, p. 39–45. (In Russian)
- Cherdyn'. *Putevoditel'* [Cherdyn. The guidebook], Informatiionno-spravochnoe izdanie, St. Petersburg, Mamatov Publ., 2009, 120 p. (In Russian)
- Enin A.E., Sedykh Yu.O. Sozdanie komfortnoi gorodskoi sredy i sokhranenie istoriko-arkhitekturnogo oblika mal'kh gorodov Rossii [Creation of the comfortable urban environment and preservation of the historical and architectural appearance of small towns in Russia], *Arkhitekturnye issledovaniya*, 2020, no. 2(22), p. 82–95. (In Russian)
- Gun'ko M.S., Pivovarov G.A., Averkieva K.V. Revitalizatsiya v mal'kh gorodakh Evropeiskoi Rossii (na primere Borovichei, Vyksy, Rostova) [Renewal of Small Cities in European Russia (Case Study of Borovichi, Vyksa and Rostov)], *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Geograficheskaya*, 2019, no. 5, p. 18–31, DOI: 10.31857/S2587-55662019518-31. (In Russian)
- Kungur. *Putevoditel'* [Kungur. The guidebook], Informatiionno-spravochnoe izdanie, St. Petersburg, Mamatov Publ., 2009, 120 p. (In Russian)
- Luchnikov A.S. Turizm v Gornozavodskom Prikam'e: rol' v transformatsii funktsii territorii i problemy razvitiya [Tourism in the Gornozavodsky region: a change in the functions of the territory and problems of development], *Geografiya i turizm*, 2019, no. 1, p. 84–91. (In Russian)
- Mal'yi gorod. Sotsial'no-demograficheskoe issledovanie nebol'shogo goroda* [Small town Socio-demographic study of a small town], B.S. Khorev (ed.), Moscow, 1972, 248 p. (In Russian)
- Mechetina K.S., Loshakov P.I. [Transformation of urban plazas of a small northern city to modern public spaces], *Sovremennye obshchestvennye prostranstva kak instrument razvitiya gorodskoi sredy* [Modern public spaces as an instrument of the urban environment development], materialy Mezhtregion. nauchno-prakt. konf., 29–30 noyabrya 2018 g., St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2018, p. 116–120. (In Russian)
- Merkushev S.A. Turizm i rekreatsiya v kontekste sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii Permskogo kraja [Tourism and recreation in the context of socio-economic development of the territories of the Perm region], *Geografiya i turizm*, 2010, no. 8, p. 112–136. (In Russian)
- Molodykh M.S., Germanova V.A. Analiz landshaftno-ekologicheskogo karkasa goroda Kalach Voronezhskoi

- oblasti [Analysis of the landscape-ecological framework in the city of Kalach, Voronezh region], *Arkhitekturnye issledovaniya*, 2021, no. 4(28), p. 64–68. (In Russian)
- Myshlyavtseva S.E. [Tourism attractiveness of small towns: approaches to investigation], *Nastoyashchee i budushchee Rossii v menyayushchemsya mire: obshchestvenno-geograficheskii analiz i prognoz* [The present and the future of Russia in the changing world: socio-geographic analysis and forecast], materialy Mezhdunar. nauch. konf. (XII Ezhegodnaya nauchnaya Assambleya ARGO), Izhevsk, Publishing Center “Udmurt University”, 2021, p. 877–883. (In Russian)
- Panov V.A. Model' aktualizatsii resursnogo potentsiala Yur'evtsa [The model of updating the resource potential of Yuryevets], *Perspektivy nauki*, 2021, no. 5(140), p. 104–106. (In Russian)
- Popova A.S., Danilova S.B. [Reconstruction of central squares on the example of medium and small cities of the Leningrad region], *Sovremennye obshchestvennye prostranstva kak instrument razvitiya gorodskoi sredy* [Modern public spaces as an instrument of the urban environment development], materialy mezhhregion. nauchno-prakt. konf., 29–30 noyabrya 2018 g., St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2018, p. 110–115. (In Russian)
- Smirnov I.P., Smirnova A.A. [Public spaces of small towns of the Tver region], *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya, metody, praktika 2021* [Socio-economic geography: history, theory, methods and practices], sb. nauch. st., VII Vserossiiskoi nauch. konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Smolensk, 15–17 oktyabrya 2021 g., Smolensk, Smolensk State University Publ., 2021, p. 425–431. (In Russian)
- Toktasheva A.S. Problemy arkhitekturno-planirovochnoi organizatsii obshchestvennykh prostranstv na primere goroda Revdy [Problems of architectural-planning organization of public spaces on the example of the city of Revda], *Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizain*, 2019, no. 1(19), p. 21–29. (In Russian)
- Zyryanov A.I., Zyryanova I.S. [Assessment of cities and villages in terms of creating the tourist and recreational environment], *Nastoyashchee i budushchee Rossii v menyayushchemsya mire: obshchestvenno-geograficheskii analiz i prognoz* [The present and the future of Russia in the changing world: socio-geographic analysis and forecast], materialy Mezhdunar. nauch. konf. (XII Ezhegodnaya nauchnaya Assambleya ARGO), Izhevsk, Publishing Center “Udmurt University”, 2021, p. 130–135. (In Russian)

#### Web sources

- Prikaz gosudarstvennoi inspeksii po okhrane ob'ektov kul'turnogo naslediya Permskogo kraya ot 23.09.2020 g., № pp-01-06-129 “O vklyuchenii v perechen' vyavlennykh ob'ektov kul'turnogo naslediya”, URL: <https://nasledie.permkrai.ru/upload/iblock/9e1/6418cv1ec5wkubs1wih0tletverbw22z.pdf> (access date 15.09.2022). (In Russian)
- Prikaz Ministerstva po turizmu i molodezhnoi politike Permskogo kraya 23.06.2021 SED 47-01-04-117 “Ob utverzhdenii poryadka otsenki turistskoi privlekatel'nosti malykh i srednikh gorodov Permskogo kraya i sostava Ekspertnoi komissii po provedeniyu otsenki turistskoi privlekatel'nosti malykh i srednikh gorodov Permskogo kraya”, URL: <https://mtm.permkrai.ru/dokumenty/99125/> (access date 15.09.2022). (In Russian)
- Rasporyazhenie Pravitel'stva Permskogo kraya ot 01 aprelya 2022 g. № 82-pp “Ob utverzhdenii Strategii razvitiya turizma v Permskom krae na period do 2035 g.”, URL: <https://mtm.permkrai.ru/dokumenty/256183/> (access date 20.09.2022). (In Russian)
- Vserossiiskii konkurs luchshikh proektov sozdaniya komfortnoi gorodskoi sredy. Federal'nyi proekt “Formirovanie komfortnoi gorodskoi sredy”. Natsional'nyi proekt “Zhil'e i gorodskaya sreda”, URL: <https://konkurs.gorodskaya.sreda.ru> (access date 10.01.2023). (In Russian)

Received 13.02.2023

Revised 21.04.2023

Accepted 24.05.2023

## ИЗУЧЕНИЕ МЕНЯЮЩИХСЯ КОМПЕТЕНЦИЙ БОЛЬШОГО ПАРИЖА (К 100-ЛЕТИЮ А.Е. СЛУКИ)

Н.А. Слука<sup>1</sup>, И.К. Твердов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства*

<sup>1</sup> *Проф., д-р геогр. наук; e-mail: sluka2011@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Студент; e-mail: tverdov.ilya@yandex.ru*

Статья посвящена изучению Большого Парижа в контексте изменения парадигмы развития крупного города в условиях транснационализации мировой экономики и процесса глобализации. Оценивается вклад в развитие проблематики профессора Московского университета, почетного члена Русского географического общества А.Е. Слуки, создавшего на основе синтеза подходов «динамический» портрет столицы Франции второй половины XX – начала XXI в. и раскрывшего главные черты ее социально-экономической географии. Анализируются сдвиги в функциональной структуре мегаполиса при переходе к модели «международного города» в результате осуществления политики децентрализации и деиндустриализации. Развиваются идеи ученого по изучению компетенций города как корпоративного центра и в контексте практик крупнейших агломераций мира. С использованием ГИС-технологий характеризуются современные особенности Большого Парижа как места локализации крупнейших ТНК страны и акцептора филиалов иностранных компаний. Выявлена многопрофильность крупного национального бизнеса, которая способствует развитию межфирменного сотрудничества и служит дополнительным ресурсом конкурентоспособности города. В отраслевой структуре зарубежного корпоративного сегмента его экономики преобладают компании материальной сферы производства (машиностроение, химическая и пищевая промышленность), в географической – ТНК США. Отмечается консолидированное размещение местных и иностранных компаний преимущественно в трех функционально разных кластерах (в пределах исторического ядра, района Дефанс и Париж-Сакле). На материалах международной статистики и рейтингов городов при опоре на сравнительно-географический метод рассматривается современное место Большого Парижа среди мировых столиц. В большинстве рейтингов он входит в топ-5 городов планеты и характеризуется как мультифункциональный центр глобального значения, перманентно расширяющий область своих компетенций. Уступая по абсолютной величине основных экономических ресурсов, инновационным и экологическим индикаторам, он опережает многие крупнейшие агломерации мира по масштабу сферы экономического и политического влияния, информационного обмена и культурного взаимодействия, а также качеству жизни; выделяется спецификой креативных индустрий. При анализе имиджа столицы Франции на базе данных социологических опросов отмечается устойчивость ее глобальной привлекательности за счет ресурсов символического капитала, играющего все большую роль в условиях информационного общества.

**Ключевые слова:** история общественной географии, исследовательские подходы, компетенции города, корпоративный центр, рейтинги глобальных городов

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.7

### ВВЕДЕНИЕ

Парижу посвящен колоссальный пласт художественной и научной литературы; пожалуй, о нем «написано больше, чем о любом другом городе мира. О Париже писали Хемингуэй и Виктор Некрасов, Бальзак и Генри Миллер, Илья Эренбург и Алексей Толстой, Виктор Гюго и Эрих Мария Ремарк. ...Он то холоден и мрачен, как в творчестве Генри Миллера, то радостен и приветлив, как у Эрнеста Хемингуэя, то притягателен и обманчив, как у Оноре де Бальзака, то радушен и привлекателен, как у Александра Дюма» [Набилкина, 2012, с. 249]. Закономерно, что различные аспекты физической

и общественной географии мегаполиса получили самое широкое освещение в исследованиях французских специалистов, многие произведения которых переведены на русский язык [Боже-Гарнье, Шабо, 1967; Бюржель, 2014; Видаль де ла Блаш, 2020; Мерлен, 1977]. Среди отечественных ученых тема Большого Парижа занимает особое место в творчестве профессора Московского университета, почетного члена Русского географического общества Александра Евгеньевича Слуки (1923–2007), экономико-географа, специалиста в области географического франковедения, ученика и соратника основателя советской научной школы социаль-

но-экономического страноведения И.А. Витвера. А.Е. Слука – автор десятков научных трудов и учебно-методических работ по географии населения, социальной и экономической географии Парижа, благодаря которым стал доступен опыт развития города во второй половине XX – начале XXI в.; а сопоставление столичных агломераций России и Франции – «хрестоматийным» [Кузьмин, Ткаченко, 2020]. Идеи ученого оказали глубокое воздействие на формирование отечественной географии городов и градостроительства зарубежного мира, в полной мере еще недооцененные; привлекли внимание при разработке проектов развития Большой Москвы в рамках международного конкурса, победу в котором одержала российско-французская группа под руководством А. Грюмбаха. К сожалению, это интересное и важное направление не получило в последнее время должной динамики и отличается неравномерностью исследования [Бюржель и др., 2020], что является одним из признаков кризиса, который переживает отечественное страноведение и градосведение. «В результате происходит обеднение наших представлений об окружающем мире, формируется „плоская“ картина, лишенная специфики и яркости» [Гордон, Лапина, 2021, с. 174].

Отдавая дань заслугам мэтра, представляется уместным провести экскурс некоторых продолжающихся исследований компетенций столицы Франции в современных условиях. Тем более что за последние десятилетия кардинально изменились как внешняя среда и целеполагание формирования крупных городов мира, так и общий подход к их изучению в международной георбанистике. На смену модели «национальных центров», по Н.Н. Баранскому, представляющих собой «маяки и опорные точки всей хозяйственной географии страны, фокусы ее культурной и политической жизни» [Маергойз, 1965, с. 3], пришла модель «международного города». Последний понимается прежде всего как хаб транснациональных акторов и место, в котором, по П. Холлу, осуществляется значительная часть всемирных наиболее важных дел [Hall, 1966]. Она постепенно вызревала в недрах еще теории мирового города, но наиболее четкие контуры обрела, пожалуй, в рамках концепции глобального города. Ее автором считается С. Сассен [Sassen, 1991], а первичную эмпирическую интерпретацию феномен получил в работах международной исследовательской группы «Глобализация и мировые города» (Globalization and World Cities, GaWC) [GaWC..., 2020]. С позиций основоположников концепции международная значимость городов напрямую увязывается с концентрацией в них штаб-квартир ТНК и филиалов компаний высокоспециализированных наукоемких услуг, а лидерство однозначно принад-

лежит квартету центров – Нью-Йорку, Лондону, Парижу и Токио. Концепция, заточенная на оценку межгородского взаимодействия, с одной стороны, вынесла за скобки исследований многие классические нюансы формирования крупных городских систем мира, но с другой – высветила процесс нарастания сотрудничества и одновременно жесткой конкуренции между ними, что актуализирует изучение проблемы современных ключевых компетенций мегаполисов, обеспечивающих конкурентные преимущества, и стратегии их достижения.

Цель данной статьи, выходящей в год 100-летнего юбилея профессора А.Е. Слуки, – анализ вклада ученого в познание социально-экономической географии Большого Парижа и развитие на современных материалах его идей по изучению компетенций города как корпоративного центра международного значения и в контексте практик крупнейших агломераций мира.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование опирается на основные положения отечественного географического учения о городах [Баранский, 1954; Лаппо, 1987; Маергойз, 1987], теории мирового и глобального города [Beaverstock et al., 1999; Friedmann, 1986; Hall, 1966; Robinson, 2002; Sassen, 1991], труды по социально-экономической географии Большого Парижа А.Е. Слуки [Слука, 1956, 1987, 1992, 2006], теории конкуренции и конкурентоспособности (см. обзор [Лоскутова, 2011]); функциональный, корпоративный, рейтинговый, образный, полимасштабный и центр-периферический подходы. В работе использована совокупность методов, в том числе историко-географический, сравнительно-географический и геоинформационно-картографический. Большой Париж как полигон исследования рассматривается в границах агломерации в соответствии с методикой Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) с учетом центральности департамента Париж и особо весомой роли в ее пространственной конструкции района Иль-де-Франс.

Изучение компетенций крупного города как комплекса ресурсов, технологий, знаний, умений и способностей их применять при решении задач в определенной сфере деятельности [Макелвилл, 1982] в современных условиях требует использования традиционного арсенала научных подходов при одновременном его расширении и углублении. В работе поэтапно анализируется совокупность основных принципов и подходов познания компетенций Большого Парижа как национального центра, заложенных в трудах А.Е. Слуки; место корпоративного и рейтингового подходов как оценки международной конкурентоспособности города, которые предпола-

гают его «взвешивание» как в координатах транснационального разделения труда, так и среди мировых столиц. В первом случае изучается масштаб присутствия, состав и характер размещения французских ТНК и филиалов иностранных компаний с использованием возможностей ГИС-технологий на базе данных рейтинга Forbes Global 2000 за 2019 г. [The Global..., 2000, 2020], сайтов-агрегаторов корпоративной информации [Transform..., 2019; Dun..., 2019], официальных сайтов ТНК и открытых материалов СМИ. Отраслевая принадлежность компаний уточнялась в соответствии с Международной стандартной отраслевой классификацией всех видов экономической деятельности (МСОК). Во втором случае проводится сопоставление Большого Парижа с крупнейшими агломерациями мира на основе данных авторитетных организаций (ООН и ее подразделений) и престижных международных рейтингов городов (Global Power City Index, Global City Index, Global Financial Centres Index и др.). В контексте общего сдвига в условиях информационного общества от рационализма к сенсуализму особенности восприятия компетенций Большого Парижа международной аудиторией рассматриваются на платформе последних разработок зарубежных консалтинговых компаний и исследовательских институтов (Anholt-Ipsos, Institute for Urban Strategies at the Mori Memorial Foundation), применяющих социологические методы исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Изучение компетенций Большого Парижа – сквозная линия в научном творчестве А.Е. Слуки.* Первый, своего рода пробный свод основных компетенций или черно-белый набросок географического портрета города им выполнен еще в середине 1950-х гг. в учебном пособии «Экономическая география Франции» [Слука, 1956], затем уже цветной и уточненный – совместно с И.А. Витвером – в книге «Франция. Экономическая география» [Витвер, Слука, 1958], которую Н.Н. Баранский и известный экономико-географ К.М. Попов оценили «как мастерски выполненную, по-настоящему страноведческую работу» [Вольский, Бонифатьева, 1990, с. 19]; самый яркий и детализированный – в фундаментальной монографии «Современная Франция» [Витвер и др., 1969]. Все эти произведения создавались в соответствии с классической схемой экономико-географической характеристики страны и района по Н.Н. Баранскому [Баранский, 1954, с. 122]. В дальнейшем галерея портретов города постоянно дополнялась все новыми ракурсами, штрихами, крупными планами в рамках основных разделов географического учения о городах [Маергойз, 1987].

В итоге отразить важнейшие компетенции Большого Парижа, нащупать и раскрыть его сердцевину ученому удалось, предложив синтез подходов или авторский концепт «осмысления городского пространства». Это и геоисторический подход, увязывающий периоды расцвета и упадка города во временном ряду в контексте мировых событий. И полимасштабный подход: Париж в многоярусной территориальной иерархии – от малого по территории района Франции до мирового города. Это и демогеографический подход – через учет источников и динамики людности города, его места в системах расселения разных масштабов, меняющихся состава и характера размещения населения, определение границ и специфики Парижского демографического района. Это и экономико-функциональный подход – через оценку «трех коренных, теснейшим образом взаимосвязанных вопросов экономической географии города: экономико-географического положения, функций и связей» [Маергойз, 1987, с. 12]. Это и геополитический подход – через роль столицы во внутренних и внешних конфликтах и их урегулировании. Это и микрогеографический подход – через становление планировочной структуры Большого Парижа, в том числе образование новых полюсов, зон и коридоров роста на периферии агломерации<sup>1</sup>. Это и образный подход – на стыке концепций «плавильного котла» и «салатницы» или мультикультурализма; включая яркую трансляцию собственных впечатлений о достопримечательностях и достоинствах города до восприятия его негативных сторон и проблем [Колосов, Слука, 2023].

За полувековой период исследований (Слука, 1956–2006) на базе использования синтеза подходов ученым создан основательный «динамический» портрет столицы Франции. В число несомненных достижений автора входит искусное отражение не только основных, по Н.Н. Баранскому, отличительных черт города как ядра централизованного государства, но и последнего по времени переломного момента «в его развитии, когда качественно изменялась выполняемая им функция, когда город менял свой тип, свое лицо...» [Баранский, 1954, с. 138]. Эпохальная смена условий и собственно модели развития Парижа – перехода от преимущественно национального центра к международному городу на платформе процессов глобализации и постиндустриализации показана крупным планом на примере сдвигов в структуре занятого населения. Реализация выгод ЭГП и исторический процесс

<sup>1</sup> По А.Е. Слуке, реальные границы Парижской агломерации близки к району Иль-де-Франс, который следует именовать Парижским городским районом, включающим Париж, внутренние и внешние пригороды, города-спутники и в разной степени рурбанизированные сельские коммуны [Слука, 1987, с. 40].

индустриализации, с одной стороны, во многом заложили базис реальной экономики города на десятилетия вперед, а с другой – привели к территориальной сверхконцентрации хозяйственного потенциала. В начале 1960-х гг. в столице Франции оказалось сосредоточено « $\frac{1}{5}$  экономически активного населения страны, 20–25% всех лиц, занятых в промышленности и строительстве, в сфере торговли и на транспорте, служащих государственного аппарата, более  $\frac{2}{5}$  работающих в банках, страховых компаниях и других финансовых учреждениях»

[Витвер и др., 1969, с. 275]. Вхождение, а точнее, введение города в мировые постиндустриальные тренды развития и адаптация к «международной модели» осуществлялось путем целенаправленной и жесткой политики децентрализации и делокации неконкурентоспособного бизнеса, начиная со второй половины 1970-х гг. В результате ее реализации из Парижа в сжатые сроки были выведены огромные производственные мощности и сокращены десятки тысяч рабочих мест, прежде всего в промышленности (табл. 1).

Таблица 1

### Распределение занятых по основным сферам труда Иль-де-Франс, по А.Е. Слуке

Сферы и отрасли хозяйства	Годы			
	1962	1982	1988	2006
Промышленность (включая энергетику)	34,7	23,9	20,5	8,7
Строительство и общественные работы	8,4	6,5	5,9	4,5
Сельское и лесное хозяйство	1,6	0,6	0,3	0,1
Транспорт и связь	5,6	8,4	8,6	9,1
Торговля	11,6	12,4	12,9	18,0
Прочие	38,1	48,2	51,8	59,6

*Примечание.* Составлено по: [Витвер и др., 1969, с. 275; Слука, 1992, 2006].

Вопрос целесообразности такой решительной инновации и возрождения французской и парижской промышленности до сих пор остается в широких научных кругах в России и за рубежом риторическим и дискуссионным [Крупные города..., 2003; Лапина, 2012, 2019]. Серьезные последствия непродуманных решений А.Е. Слука предвидел еще задолго до авторов книги «Франция без заводов» [Artus, Virard, 2011] и социальной модели «двух Франций» [Guilluy, 2013, 2018]; понимал кардинальную трансформацию основных функций и системы компетенций Парижа, видел перспективы и приоритеты его географического исследования с учетом новых глобальных реалий. Среди многих намеченных, но неосуществленных в полной мере замыслов ученого на современном этапе особую значимость получают идеи по дополнению классического портрета города анализом его хозяйственно-организаторской функции на уровне корпораций, а также изучению конкурентных преимуществ мегаполиса в контексте передовых мировых практик. Из-за отсутствия необходимой информации в трудах А.Е. Слуки первый посыл ограничивался сравнительно кратким обзором возникновения первых национальных компаний в Париже, их сращивания с международным бизнесом, находившимся под контролем влиятельных олигархических семейств Ротшильдов,

Лазаров, Малле и др., и быстрым ростом числа и разнообразия отраслевого состава ТНК на волне процесса индустриализации; а второй – рассматривался фрагментарно в рамках межгородских сопоставлений преимущественно на макрорегиональном уровне крупнейших центров Европы. Тем не менее именно элементы таких с современных позиций корпоративного и рейтингового подходов легли в основу направления изучения конкурентоспособности территории, ставшей одной из центральных тем в региональной и городской экономике в современной специальной литературе. Собственно, на повышение конкурентоспособности и улучшение имиджа города на основе цифровой и экологически чистой экономики оказалась нацелена инициатива по созданию «нового комплексного плана развития столичного региона Парижа», выдвинутая в 2007 г. президентом Н. Саркози [Enright, 2016; Vaudelin, 2018]. Вместе с тем при всей актуальности вопроса поиска стратегии развития и существенном расширении в последнее время базы международной статистики идеи ученого пока не нашли должного развития в географических исследованиях по Большому Парижу, или таковые работы нам неизвестны.

**Большой Париж как корпоративный центр международного значения.** Процесс транснационализации мировой экономики и возникновение

системы глобальных отраслевых рынков с учетом урбанистической привязки штаб-квартир ТНК оказал существенное влияние на трансформацию представлений о ключевых компетенциях крупного города. Неслучайно, например, в свое время за счет сосредоточения промышленных корпораций Токио считался индустриальной столицей мира. Географическое изучение международного бизнес-центра с современных позиций предполагает акцентировать внимание, по крайней мере, на двух взаимосвязанных аспектах: город как площадка, «питательный бульон» формирования пула национальных ТНК с обширной сетью зарубежных филиалов и город как аттрактор подразделений «внешних» корпораций. Суперпозиция центробежного и центростремительного процессов сетевой организации транснационального бизнеса, с одной стороны, расширяет зону влияния города практически до глобального масштаба, а с другой – ведет к возникновению специфики паттерна кластеров деловой активности в пределах агломерации.

В условиях высокоцентрализованного государства Париж закономерно возглавлял процесс транснационализации французской экономики. Более того, вопреки идее децентрализации число штаб-квартир ТНК в столице не только не сократилось, а продолжает неуклонно возрастать (в разные годы добавились, например, головные офисы фармацевтической Sanofi; телекоммуникационной Orange, аэрокосмической Safran и др.). По данным на 2019 г., в Большом Париже базируется 26 из 57 национальных ТНК, входящих в рейтинг Fortune Global 500, три из которых принадлежат к первой сотне рейтинга [Global 500, 2020]. Здесь сосредоточены штаб-квартиры корпораций не только из сферы финансов и профессиональных услуг, что типично для большинства глобальных центров, но и действующих в области материального производства (нефти и газа, электроэнергетики, машиностроения, химической и пищевой промышленности и др.). Такая многопрофильность крупного национального бизнеса служит дополнительным ресурсом конкурентоспособности города и стимулом с учетом глобального разворота от жесткой корпоративной конкуренции к межфирменному сотрудничеству для особого интереса и размещения филиалов зарубежных компаний. По нашим данным, ныне в Париже представлены 311 иностранных ТНК из списка Forbes Global 2000, которые располагают 398 филиалами с персоналом 105,8 тыс. чел. и суммарной выручкой 150,1 млрд долл. По общему числу зарубежных ТНК город сопоставим с извечным европейским конкурентом – Лондоном; заметно превосходя его по уровню концентрации филиалов ТНК в масштабах страны. Если в Лондонской агломерации сосре-

доточено лишь 17% представительств иностранных ТНК при 22% населения и 30% ВВП Великобритании; то в Парижской – почти половина при 17% населения и 37% ВВП Франции [Transform..., 2019; Dup..., 2019]. Это во многом обусловлено разницей в числе глобальных городов-противовесов, перетягивающих на себя офисы компаний.

В городе представлены зарубежные компании 47 видов экономической деятельности, но 82,3% всех занятых и 74,2% выручки приходится на корпорации лишь пяти отраслей: машиностроение, химическая и пищевая промышленность (во втором случае – горнодобывающая промышленность), профессиональные бизнес-услуги и информация. Доминирующее положение в зарубежном корпоративном сегменте экономики компаний материальной сферы производства высвечивает, с одной стороны, «исторические корни», а с другой – не совсем удачный постиндустриальный «скачок» формирования хозяйственного комплекса Большого Парижа, не обеспечивший должную привлекательность города для иностранных фирм деловых услуг. Географическая структура зарубежных ТНК в столице Франции отличается довольно высоким уровнем территориальной концентрации связей: на топ-5 стран-резидентов приходится 80% филиалов зарубежных компаний. По их числу лидируют США (45%), что, впрочем, типично и для многих других мировых центров и тесно связано с общей многочисленностью и деловой активностью корпораций страны (рис. 1). Однако по доле занятости и особенно выручке филиалов в городе весомы позиции ТНК Европы (более  $\frac{2}{5}$  и  $\frac{1}{2}$  соответственно), что отчасти обусловлено как фактором географического соседства, так и исторически сложившимся процессом экономической интеграции и взаимодействия деловых кругов. Место азиатских, прежде всего японских, ТНК гораздо скромнее (менее  $\frac{1}{5}$ ).

К особенностям развития Большого Парижа надо относить как минимум производственных мощностей транснационального бизнеса, так и характер его размещения, в значительной мере тяготеющего не столько к историческому ядру, сколько к ближайшим и плотно заселенным пригородам (рис. 2). Явно выделяются три мощных и функционально разных кластера компаний. Первый из них сложился в пределах городских границ, вытянут вдоль исторической оси Парижа – от Лувра, через Елисейские поля до «преддверий» Дефанса – и охватывает его 2, 8 и 9-й округа. Основной специализацией района являются финансовые и деловые услуги (штаб-квартиры, например, BNP Paribas, AXA, Société Générale и др.). Его замыкает или продолжает уже в пригороде, располагаясь в коммунах Пюто и Курбева, многоотраслевой кластер – де-

ловой район Дефанс. В нем находятся головные офисы нефтегазовой Total Energies, строительной Compagnie de Saint-Gobain; региональные штаб-квартиры AstraZeneca, AT&T, General Electric и Merck&Co, а также крупные представительства еще более чем 30 ТНК. Третий – наукоёмкий и деловой кластер Париж-Сакле, созданный по инициативе президента Н. Саркози как французский аналог Кремниевой долины в 20 км к югу от Пари-

жа, на границе департаментов Эссон и Ивелин. Он включает в себя ряд ведущих университетов и научно-исследовательских институтов Франции, находящихся в тесной интеграции с бизнесом, в том числе иностранным. Научно-исследовательские подразделения здесь имеют более 50 французских и иностранных компаний, включая Airbus, General Electric, Renault, Volvo, BMW, Nokia, Hitachi, Siemens, Casio, Molex и др.

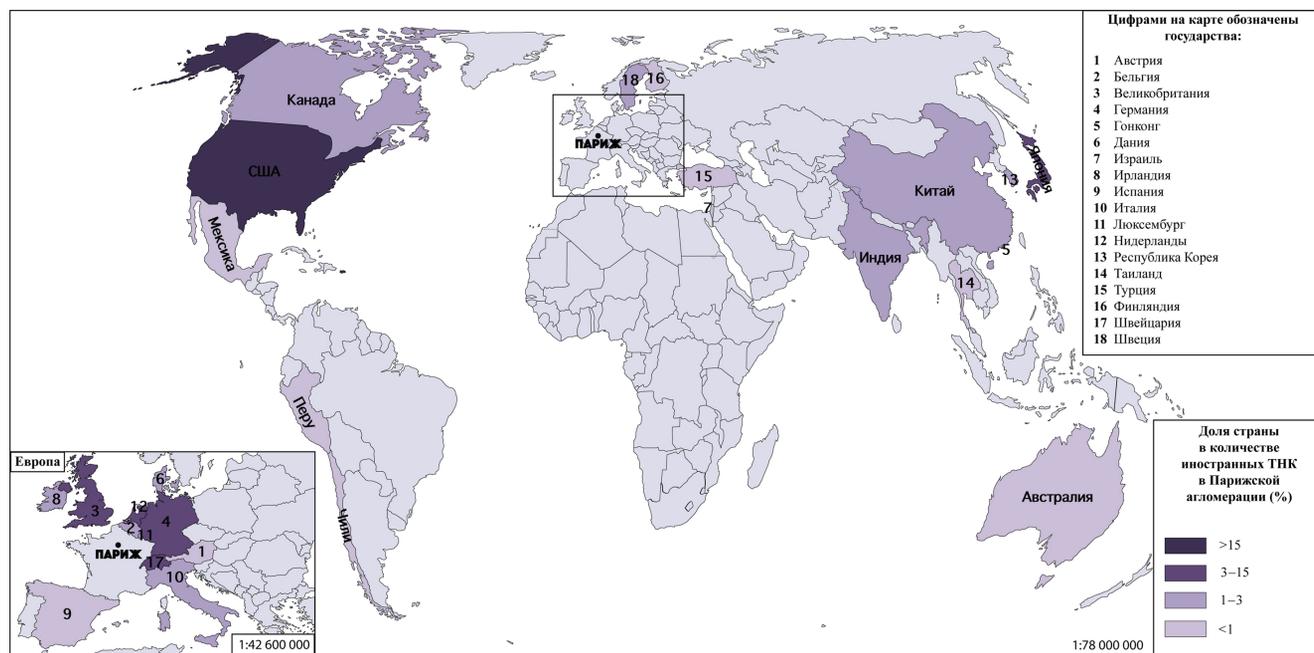


Рис. 1. География стран-доноров иностранных ТНК в агломерации Парижа

Fig. 1. Geography of donor countries of foreign TNCs in the Paris agglomeration

**Большой Париж в системе международных рейтингов городов.** Изучение конкурентоспособности мегаполиса требует ориентации на принцип «первый среди равных» (Primus inter pares) не только через оценку его места среди ведущих деловых центров, что является необходимым, но недостаточным условием. Аккумуляция транснациональных структур постепенно переходит из категории ключевой в стандартную компетенцию крупного города. При этом нарастание спектра конкурентных преимуществ, во многом формирующихся за счет ускорения генерации инноваций и воспроизводства все новых видов активности, обуславливает вовлечение в анализ все большего числа граней жизнедеятельности «мировых столиц», что имеет существенное не только научное, но и прикладное значение. Совершенно неслучайно в конце первого десятилетия XXI в. во многом как альтернатива  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ -классификации глобальных центров группы GaWC, опирающейся исключительно на корпо-

ративный подход и носящей чрезмерно экономико-центричный характер, появилась большая совокупность международных рейтингов городов. При их составлении используются десятки индикаторов, что высвечивает многие ранее скрытые темы и самые разные аспекты развития центров, как их национальные особенности, так и эффекты глобализации. Часть из них оказалась нацелена на сравнение сугубо условий жизни в мегаполисах (например, The Global Liveability Index). Другие – условий жизни в связке с ведением бизнеса (The World's 100 Best Cities). Третьи – отраслевые – предназначены для идентификации места города в определенной области деловой активности, например в сфере финансов (The Global Financial Centres). Четвертые – динамические – отслеживают реакцию агломераций на изменения в мировой экономике (Global Metro Monitor). Наконец, пятая группа – глобальные – носит самый масштабный и комплексный характер. Например, Global Cities

Index (включает пять категорий: деловая активность, человеческий капитал, информационный обмен, культурный капитал и политическое влияние; всего 27 индикаторов) призван измерять уровень глобальности мегаполиса. Global Power City Index, GPCI (шесть факторов: экономика, НИОКР,

культурное взаимодействие, качество жизни, состояние окружающей среды и транспортная доступность; всего 70 индикаторов), по мнению авторов, отражает уровень магнетизма города, т. е. способность привлекать людей, капитал и бизнес со всего мира.

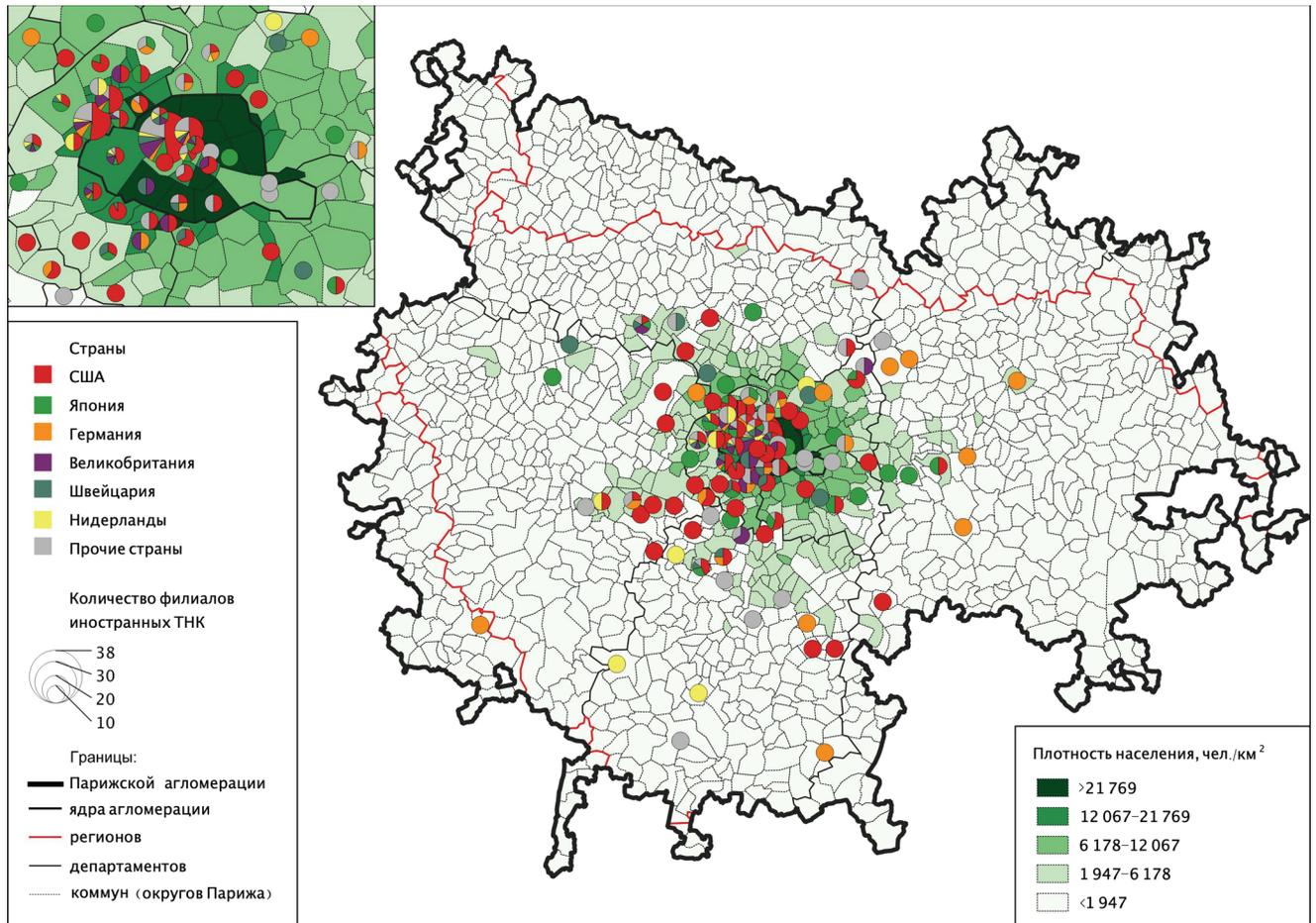


Рис. 2. Размещение филиалов зарубежных ТНК разной страновой принадлежности в агломерации Парижа на фоне плотности населения

Fig. 2. Placement of foreign TNCs branches in the Paris agglomeration against the background of population density

Несмотря на разницу методологий во многих рейтингах Большой Париж на протяжении последнего десятилетия устойчиво занимает верхние позиции в иерархии мировых столиц, как правило, входит в топ-5 городов планеты и характеризуется как мультифункциональный центр глобального значения, перманентно расширяющего область своих компетенций. Он явно выделяется, с одной стороны, как штандорт (от нем. Standort – местоположение) транснациональных акторов разного генезиса и их коммуникаций; а с другой – как центр организации, управления и контроля глобальными сетевыми структурами и процессами. В число важных конкурентных преимуществ города, согласно большинству рейтингов, наряду с экономическим и политическим влиянием входят категории информационного об-

на, человеческого и особенно культурного капитала. Это хорошо коррелируется как с высоким качеством столичной среды, развитостью интеллектуальной инфраструктуры, так и с современной специализацией города в рамках так называемых креативных индустрий, основанных преимущественно на использовании историко-культурного наследия, разных видов искусства, масс-медиа, а также в области архитектуры, индустрии моды, ювелирного дела, гастрономической индустрии и т. п. [Рейтинг..., 2023]. В результате Париж зачастую лидирует в рейтингах привлекательности для прямых иностранных инвестиций (например, рейтинг EY European Investment Monitor 2019) среди городов Европы и составляет достойную конкуренцию крупнейшим агломерациям иных регионов мира.

При этом на уровне сопоставлений лучших мировых практик проявляются и некоторые слабые стороны центра. Париж традиционно и заметно уступает Нью-Йорку и Токио по абсолютной величине ВВП, многим агломерациям, прежде всего, США – по размерам территории. Несмотря на регулярные волны иммиграции, он уже не входит даже в первую тридцатку крупнейших урбанизированных ареалов мира [Demographia..., 2022]; а под напором динамично растущих азиатских экономик покинул десятку самых богатых городов планеты по числу состоятельных людей (миллиардеров и миллионеров) [Кудрье, 2019; Стали известны..., 2022]. Негативна в целом и многолетняя динамика в контексте претензий столицы Франции на лидерство в Европе. На фоне прогресса региональных городов-противовесов хорошо читается ее «запаздывающая» модель. Так, если в 1960-е гг. по числу

международных политических и экономических акторов Париж на голову превосходил все остальные центры, то ныне в первом случае лидирует столица Бельгии, а во втором – Великобритании. «Как мировой центр капиталов Париж до Первой мировой войны уступал только одному Лондону» [Витвер и др., 1969, с. 268], однако ныне – еще многим финансовым центрам в Европе, включая Франкфурт-на-Майне, Мадрид, Амстердам, Эдинбург, Цюрих, Женеву и др. Еще шире их перечень в глобальном масштабе. Кроме этого, как показывают данные рейтинга GPCI, для современного Парижа типичны сравнительно скромные параметры инновационного развития; тревожное состояние окружающей среды, а также острота ряда социальных проблем (табл. 2). Без преодоления этих узких мест городу будет трудно рассчитывать на повыше-ние конкурентоспособности.

Таблица 2

**Большой Париж среди ведущих глобальных городов: основные характеристики**

Показатели	Нью-Йорк	Лондон	Париж	Токио
Категория города по GaWC на 2018 г.	α++	α++	α+	α+
Численность населения агломераций (urban areas) в 2022 г., млн чел.	21,6	10,6	10,9	38,1
ВВП по ППС, млрд долл. в 2021 г., оценка	1330	1064	1036	2205
Число дипломатических миссий	93	151	150	146
Число штаб-квартир международных организаций	764	1242	1054	295
Число конгрессов/участников, тыс. чел.	47/...	177/78,8	190/111,7	117/27,9
Число международных туристов в 2019 г., млн чел.	14,0	19,6	19,1	10,4
Пассажирские авиаперевозки, млн чел.	135,5	170,9	105,2	126,3
Место в рейтинге:				
GPCI на 2021 г., в т. ч. по категориям:	2	1	4	3
экономика	1	2	13	5
НИОКР	1	2	9	4
культурное взаимодействие	2	1	3	5
пригодность для жизни	38	8	1	11
состояние окружающей среды	27	11	28	13
транспортная доступность	4	6	3	10
Global Cities Index в 2021 г.	1	2	3	4
Глобальные финансовые центры на 2022 г.	1	2	11	9
Лучшие студенческие города мира на 2022 г.	16	1	9	3
The World's 100 Best Cities на 2020 г.	2	1	3	5
Рейтинг инновационной привлекательности мировых городов на 2023 г., в т. ч. по категориям:	2	1	5	3
технологическое развитие	4	5	9	3
креативные индустрии	2	1	4	5
городская среда	72	2	1	29
Индекс брендов городов на 2020 г.	4	1	3	16

Примечание. Составлено авторами по данным международной статистики и рейтингов городов.

Другое дело, что в условиях информационного общества место мегаполиса в международном поле все в большей мере зависит не столько от масштабов его экономических ресурсов, реальных достижений и остроты проблем, сколько от сложившегося имиджа. В свое время эту тенденцию очень точно подметил ряд известных ученых, констатируя, что «в наш век бурного развития средств массовой коммуникации представления о мире заменяют сам мир» [Колосов и др., 2000] и предложивших концепт «символического капитала» [Бурдьё, 2001; Тоффлер, 2003]. Формирующееся на мировой арене восприятие города определяет отношение к нему, что в итоге находит выражение в развитии экономических, политических, социальных и других связей на всех территориальных уровнях. Значимость и общественная востребованность вопроса нашли отражение в оперативной подготовке целым рядом консалтинговых компаний и независимых исследовательских институтов рейтингов крупнейших агломераций с использованием социологических методов исследований. Один из них – Индекс брендов городов (Anholt-Ipsos City Brand Index)<sup>2</sup>, основанный на обработке массовых опросов населения из разных стран. С учетом международной аудитории значения индекса хорошо отражают особую привлекательность и самое широкое признание Парижа как среди глобальной элиты, так и глобальной периферии. Мегаполис на протяжении последнего десятилетия регулярно входит в топ-3 центров мира, опережая Токио и Нью-Йорк, на равных конкурирует с Лондоном и зачастую первенствует. По мнению международного пула респондентов, особенно высокие позиции столицы Франции в 2020 г. в категориях «пульс» (1-е место в категории); «роль в мире» (2-е место) и «место» (4-е место) [Новые..., 2020].

Специфику восприятия мегаполисов подчеркивают и данные опросов 10 тыс. жителей 50 городов мира, регулярно проводимых Институтом городских стратегических исследований в Токио [Institute for Urban Strategies..., 2023]. В 2022 г. в случае 10 ведущих глобальных центров сфера бизнеса и политики респондентами практически не упоминалась. Примечателен также минимум типичных признаков крупнейших агломераций: официальная

<sup>2</sup> Методология расчета индекса предполагает оценку 50 центров мира в шести категориях: роль в мире (международный статус), место (внешняя привлекательность), условия (возможности размещения и доступность общественных пространств), люди (доброжелательность жителей), пульс (активность городской жизни) и потенциал (перспективы в образовании и для бизнеса). Съём информации и экспертиза проводится на основе онлайн-интервьюирования 5 тыс. респондентов в возрасте 18 лет и старше из 10 стран (Австралия, Бразилия, Великобритания, Германия, Индия, Китай, Республика Корея, Россия, США и Франция).

или неофициальная столичность, совокупность престижных городских локаций и всемирно известных историко-культурных достопримечательностей, что лишним раз подчеркивает уникальность компетенций городов-гигантов. На их фоне важнейшей и, по Н.Н. Баранскому, отличительной чертой Парижа служит весомость в опорном каркасе имиджа аффективных компонентов. В число 10 главных ключевых слов, указанных респондентами в отношении Парижа, в порядке убывания частоты упоминаний входят: Эйфелева башня, Франция, романтика, любовь, великолепный (красивый), мода, еда, багет, Лувр, искусство (рис. 3). Достоинства, достижения, яркие краски, особый шарм и шик «сердца Франции», которые накапливаются и бесконечно передаются через особые механизмы (школьные и углубленные знания, личный опыт, дискурс, формируемый СМИ и пр.) и которые неоднократно отмечал А.Е. Слука, находят самый теплый отклик в международной аудитории; служат руководством как для инвестиционной деятельности, так и привлечения международных туристов.

## ВЫВОДЫ

В трудах профессора Московского университета А.Е. Слуки охарактеризованы и приведены в систему важнейшие черты социально-экономической географии столицы Франции, по Н.Н. Баранскому, отличающие город от всех прочих и во многом не утративших своего значения и сейчас. При создании «динамического» портрета Парижа второй половины XX – начала XXI в. ученым внедрен ряд новых исследовательских подходов и в полной мере реализован, по А.И. Алексееву, принцип палимпсеста – представление города как сочетания разных «слоев освоения» [Алексеев, 2020, с. 61]. Выделенная совокупность основных компетенций города вошла практически во все учебники кафедры социально-экономической географии зарубежных стран Московского университета при характеристике Франции и оказала влияние на его восприятие многими поколениями выпускников. Созданный теоретико-методологический фундамент географического изучения мегаполиса получил продолжение в трудах учеников профессора, включая известного специалиста в области маркетинга и брендинга территорий Д.В. Визгалова и молодых исследователей из разных организаций (МГУ, ИНИОН РАН, МГИМО, Института Европы, Фонда «Институт экономики города» и др.).

Сложившийся понятийно-концептуальный аппарат отечественной географии городов не достаточен, чтобы в полной мере отразить сущность происходящих перемен и исторического перехода от модели «национальных центров», строящейся на

принципах «районной школы» к модели «международного города», исходящей из прерогативы концепции «каркасно-сетевой структуры территории», и требует модернизации на основе внедрения новых исследовательских подходов. Он также не приспособлен в условиях динамичного инновационного

развития, воспроизводства все новых сфер деятельности и ниш активности при тесном сотрудничестве городов к определению порога в быстро стирающейся грани между стандартными и ключевыми компетенциями, обеспечивающими конкурентное преимущество.



Рис. 3. Облако тегов Большого Парижа. Источник: [Institute for Urban Strategies..., 2023]

Fig. 3. Tag cloud of Greater Paris. A source: [Institute for Urban Strategies..., 2023]

Большой Париж служит ярким примером не столько кардинального преобразования базовых компетенций во второй половине XX в. с выраженной индустриальной функцией на сервисные, сколько собственно механизма их реализации. Сохранение концентрации штаб-квартир промышленных ТНК при выносе производственных мощностей наделяет город особыми полномочиями по организации, управлению и контролю внешними активами, а также обеспечению необходимых условий их функционирования практически в глобальном масштабе. Кроме того, за счет высвобожденных местных ресурсов и привлекаемых инвестиций открываются перспективы по новому наполнению и конфигурации кластеров деловой активности в пределах агломерационного пространства, во многом ориентированных на креативные индустрии.

Сопоставление с мировыми столицами позволяет наиболее полно оценить гармонию внутренних и внешних данностей современного Парижа, его абсолютных и относительных конку-

рентных преимуществ, приближает к выявлению, по В.В. Покшишевскому, современной формулы города, основанной в значительной мере на платформе колоссального исторически накопленного социокультурного потенциала национального центра. Именно особое качество широко понимаемой городской среды становится главным ресурсом мегаполиса, выгодно отличающим его от прочих мировых центров и выступающим платформой для выработки все новых компетенций.

Оценка конкретных компетенций города и его достижений в значительной мере осложняется все более массовым и интенсивным проникновением в широкий круг потребителей продуктов виртуальной реальности. Согласно результатам социологических методов исследований, достаточно высокая устойчивость международной конкурентоспособности Большого Парижа и его глобальной привлекательности обеспечивается во многом за счет ресурсов символического капитала, играющего все большую роль в условиях динамичного становления информационного общества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.И. Экономико-географическая характеристика по Баранскому: Какой она может быть сегодня? // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2020. № 1. С. 57–62.
- Баранский Н.Н. Очерки по школьной методике экономической географии. М.: Учпедгиз, 1954. 320 с.
- Божье-Гарнье Ж., Шабо Ж. Очерки по географии городов. М.: Прогресс, 1967. 424 с.
- Бурдые П. Практический смысл. СПб.: Алетейя, 2001. 562 с.
- Бюржель Г., Бюржель Г., Грондео А., Дарк Р., Колосов В.А., Шупер В.А., Эм П.П., Ферару А., Ширрер М. Сорок лет франко-российских сравнительных исследований по географии городов: переосмысление опыта // Известия РАН. Сер. геогр. 2020. № 3. С. 470–480. DOI: 10.31857/S2587556620030048.
- Бюржель Г. Умирает ли Париж? М.: Дело, 2014. 176 с.
- Видаль де ла Блаш П. Географические картины Франции. М.: Esperanza, 2020. 536 с.
- Витвер И.А., Слука А.Е. Франция. Экономическая география. М.: Географгиз, 1958. 415 с.
- Витвер И.А., Слука А.Е., Черников Г.П. Современная Франция. М.: Мысль, 1969. 430 с.
- Вольский В.В., Бонифатьева Л.И. И.А. Витвер – жизнь и творчество // Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. М.: ИЛА РАН, 1990. Т. 11. С. 7–25.
- Гордон А.В., Лапина Н.Ю. Изучение Франции в постсоветской России // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2021. № 6. С. 163–183. DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-6-8.
- Колосов В.А., Слука Н.А. Вклад А.Е. Слуки в развитие отечественной социально-экономической географии зарубежного мира // Известия РАН. Сер. геогр. 2023. Т. 87. № 3. С. 448–458.
- Колосов В.А., Тихунов В.С., Заяц Д.В. Мир в зеркале средств массовой информации: использование анаморфоз в политико-географическом анализе // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2000. № 2. С. 15–22.
- Крупные города и вызовы глобализации. Смоленск: Ойкумена, 2003. 280 с.
- Кузьмин А.В., Ткаченко Л.Я. Москва – Париж: параллели и перпендикуляры территориального планирования // Архитектура и градостроительство. 2020. № 1. С. 85–96. DOI: 10.22337/2077-9038-2020-1-85-96.
- Лапина Н.Ю. Новый этап в формировании инновационной экономики: опыт Франции // Мировая экономика и международные отношения. 2012. № 1. С. 61–71. DOI: 10.20542/0131-2227-2012-1-61-71.
- Лапина Н.Ю. Французское общество перед вызовами глобализации. М.: ИНИОН РАН, 2019. 51 с.
- Ланно Г.М. Города на пути в будущее. М.: Мысль, 1987. 256 с.
- Лоскутова М.В. Анализ теорий конкуренции и конкурентоспособности // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 9. С. 101–106.
- Маергойз И.М. Н.Н. Баранский и советская география городов // Вопросы географии. Сб. 66. М.: Мысль, 1965. С. 3–5.
- Маергойз И.М. Географическое учение о городах. М.: Наука, 1987. 116 с.
- Макелвил В. Исследование компетенций. М.: Наука, 1982. 123 с.
- Мерлен П. Город. Количественные методы изучения. М.: Прогресс, 1977. 263 с.
- Набилкина Л.Н. Париж в зеркале французской литературы // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 1. С. 249–251.
- Рейтинг инновационной привлекательности мировых городов: 2023. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 316 с.
- Слука А.Е. Население Большого Парижа (социальные структуры и их динамика) // Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. М.: ИЛА РАН, 1992. Т. 12. С. 99–111.
- Слука А.Е. Париж // Крупнейшие города капиталистических и развивающихся стран. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 37–55.
- Слука А.Е. Районы Франции: показатели развития // Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Вып. 16. М.: Моск. ун-т, 2006. С. 211–116.
- Слука А.Е. Экономическая география Франции. М.: МГУ, 1956. 126 с.
- Тоффлер Э. Метаморфозы власти. М.: АСТ, 2003. 669 с.
- Artus P., Virard M.-P. La France sans ses usines, Paris, Fayard, 2011, 184 p.
- Beaverstock J.V., Smith, R.G., Taylor P.J. A Roster of World Cities, *Cities*, 1999, no. 16, p. 445–458, DOI: 10.1016/S0264-2751(99)00042-6.
- Enright Th. The Making of Grand Paris: Metropolitan Urbanism in the Twenty-First Century, Cambridge, MA, MIT Press, 2016, 328 p.
- Friedmann J. The World City Hypothesis, *Development and Change*, 1986, vol. 17(1), p. 69–84.
- Guilluy Ch. Fractures françaises, Paris, Flammarion, 2013, 206 p.
- Guilluy Ch. No Society. La fin de la classe moyenne occidentale, Paris, Flammarion, 2018, 240 p.
- Hall P. The World Cities, London, Weidenfeld & Nicholson, 1966, 256 p.
- Robinson J. Global and World Cities: A View from off the Map, *International Journal of Urban and Regional Research*, 2002, h. 3, no. 26, p. 531–554.
- Sassen S. The global city: New York, London, Tokyo, Princeton, New Jersey, 1991, 480 p.
- Vaudelin C. The Grand Paris and the New Moscow: Compared Perspectives, *RUDN J. Polit. Sci.*, 2018, vol. 20, no. 2, p. 246–254, DOI: 10.22363/2313-1438-2018-20-2-246-254.
- Электронные ресурсы**
- Кудрье К. Где живут миллиардеры? 10 городов с наибольшим числом богатейших людей планеты. URL: <https://www.forbes.ru/milliardery-photogallery/373217-gde-zhivut-milliardery-10-gorodov-s-naibolshim-chislom-bogateyshih> (дата обращения 30.03.2023).
- Новые результаты рейтинга City Brand Index 2020. URL: <https://www.ipsos.com/ru-ru/novye-rezultaty-reytinga-city-brand-index-2020> (дата обращения 30.03.2023).
- Стали известны города с самым большим количеством богатых людей. URL: <https://iz.ru/1394620/2022-09-13/stali-izvestny-goroda-s-samym-bolshim-kolichestvom-bogatykh-liudei> (дата обращения 30.04.2023).

- Demographia World Urban Areas, URL: <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf> (дата обращения 30.03.2023).
- Dun & Bradstreet, 2019, URL: <https://www.dnb.com/> (дата обращения 15.03.2021).
- GaWC, Globalization and world cities, 2020, URL: <https://www.lboro.ac.uk/gawc/> (дата обращения 08.03.2020).
- City Perception Survey 2022. Institute for Urban Strategies at the Mori Memorial Foundation, Global Power City Index (GPCI). URL: <https://www.mori-m-foundation.or.jp/english/ius2/cps2/index.shtml> (дата обращения 30.03.2023).
- The Global 2000, Forbes 2022. URL: <https://www.forbes.com/global2000/> (дата обращения 10.06.2020).
- The Global 500, Fortune 2020, URL: <https://fortune.com/company/accenture/global500/> (дата обращения: 15.04.2021).
- Transform risk into resilience, Craft, 2019, URL: <https://craft.co/> (дата обращения 11.12.2019).

Поступила в редакцию 04.04.2023

После доработки 15.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## STUDYING THE CHANGING COMPETENCIES OF GREATER PARIS (TO THE 100<sup>TH</sup> ANNIVERSARY OF A.E. SLUKA)

N.A. Sluka<sup>1</sup>, I.K. Tverdov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy*

<sup>1</sup> *Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sluka2011@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Student; e-mail: tverdov.ilya@yandex.ru*

The article deals with the study of Greater Paris in the context of changing paradigm of the development of a large city under the transnationalization of world economy and the process of globalization. The contribution of A.E. Sluka, Professor of the Moscow University, Honorary Member of the Russian Geographical Society, who created a “dynamic” portrait of the French capital of the second half of the twentieth – early twenty-first centuries on the basis of the synthetic approaches and revealed the main features of its socio-economic geography, is evaluated. The article analyzes shifts in the functional structure of the metropolis during the transition to the “international city” model as a result of the implementation of the decentralization and deindustrialization policy. The scientist’s ideas on studying the competencies of the city as a corporate center and in the context of practices of the largest agglomerations of the world are being developed. GIS technologies are applied to describe the specific features of Greater Paris as a location of the country’s largest TNCs and the acceptor of branches of foreign companies. The multidisciplinary nature of large national business is revealed, which contributes to the development of inter-firm cooperation and serves as an additional resource for the competitiveness of the city. The sectoral structure of foreign corporate segment of its economy is dominated by companies in the material sphere of production (mechanical engineering, chemical and food industries), while the geographical structure is dominated by the US TNCs. There is a consolidated placement of local and foreign companies mainly in three functionally different clusters (within the historical core, the Defense district and Paris-Saclay). Based on the materials of international statistics and ratings of cities, the modern place of Greater Paris among the “world capitals” is considered applying the comparative geographical method. Most ratings include it in the top-5 cities of the planet and characterize it as a multifunctional center of global importance, permanently expanding the scope of its competencies. Being inferior in absolute value of the main economic resources, innovative and environmental indicators, it is ahead of many largest agglomerations of the world in terms of the scope of economic and political influence, information exchange and cultural interaction, as well as the quality of life; it is well-known by specific creative industries. When analyzing the image of the French capital on the basis of sociological surveys, the stability of its “global attractiveness” is noted due to the resources of symbolic capital, which plays an increasingly important role in the information society.

**Keywords:** history of human geography, research approaches, city competencies, corporate center, ratings of global cities

### REFERENCES

- Alekseev A.I. Ekonomiko-geograficheskaya harakteristika po Baranskomu: Kakoj ona mozhet byt' segodnya? [Economic-geographical description according to Baransky: what could it be like at present?], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 1, p. 57–62. (In Russian)
- Artus P., Virard M.-P. *La France sans ses usines*, Paris, Fayard, 2011, 184 p.
- Baransky N.N. *Ocherki po shkol'noj metodike ekonomicheskoy geografii* [Essays on the School Methodology of Economic Geography], Moscow, Uchpedgiz Publ., 1954, 320 p. (In Russian)

- Beaverstock J.V., Smith, R.G., Taylor P.J. A Roster of World Cities, *Cities*, 1999, no. 16, p. 445–458, DOI: 10.1016/S0264-2751(99)00042-6.
- Bourdieu P. *Le Sens Pratique*, Edition de Minuit, 1980, 475 p.
- Beaujeu-Garnier J., Chabot G. *Traité de géographie urbaine*, Paris, Armand Colin, 1963, 493 p.
- Burgel G., Burgel G., Grondeau A., Darques R., Kolosov V.A., Shuper V.A., Em P.P., Feraru A., Schirrer M. Sorok let franko-rossijskikh sravnitel'nyh issledovanij po geografii gorodov: pereosmyslenie opyta [Forty Years of French-Russian Comparative Studies in Urban Geography: Rethinking of the Experience], *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, no. 3, p. 470–480, DOI: 10.31857/S2587556620030048. (In Russian)
- Burgel G. *Paris meurt-il?* Paris, Librairie Académique Perrin, 2008, 186 p.
- Enright Th. *The Making of Grand Paris: Metropolitan Urbanism in the Twenty-First Century*, Cambridge, MA, MIT Press, 2016, 328 p.
- Friedmann J. The World City Hypothesis, *Development and Change*, 1986, vol. 17(1), p. 69–84.
- Gordon A.V., Lapina N.Yu. Izuchenie Francii v postsovet-skoy Rossii [Exploring France in Post-Soviet Russia], *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, 2021, no. 6, p. 163–183, DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-6-8. (In Russian)
- Guilluy Ch. *Fractures françaises*, Paris, Flammarion, 2013, 206 p.
- Guilluy Ch. *No Society. La fin de la classe moyenne occidentale*, Paris, Flammarion, 2018, 240 p.
- Hall P. *The World Cities*, London, Weidenfeld & Nicholson, 1966, 256 p.
- Kolosov V.A., Sluka N.A. Vklad A.E. Sluki v razvitie otechestvennoj social'no-ekonomicheskoy geografii zarubezhnogo mira [The Contribution of A.E. Sluka to the Development of Russian Human Geography of the Foreign World], *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2023, no. 3, p. 448–458. (In Russian)
- Kolosov V.A., Tikunov V.S., Zayats D.V. Mir v zerkale sredstv massovoj informacii: ispol'zovanie anamorfoz v politikogeograficheskom analize [The World in the Mirror of the Media: the Use of Anamorphoses in Politico-geographical Analysis], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2000, no. 2, p. 15–22. (In Russian)
- Kрупные города и вызовы глобализации* [Large cities and challenges of globalization], Smolensk, Ojkumena Publ., 2003, 280 p. (In Russian)
- Kuzmin A.V., Tkachenko L.Ya. Moskva – Parizh: paralleli i perpendikulyary territorial'nogo planirovaniya [Moscow – Paris: Parallels and Perpendiculars of Territorial Planning], *Architectura i Gradostroitel'stvo*, 2020, no. 1, p. 85–96, DOI: 10.22337/2077-9038-2020-1-85-96. (In Russian)
- Lapina N.Yu. *Francuzskoe obshchestvo pered vyzovami globalizacii* [French Society Facing the Challenges of Globalization], Moscow, INION RAN Publ., 2019, 51 p. (In Russian)
- Lapina N.Yu. Novyj etap v formirovanii innovacionnoj ekonomiki: opyt Francii [A new Stage in the Formation of an Innovative Economy: the Experience of France], *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2012, no. 1, p. 61–71, DOI: 10.20542/0131-2227-2012-1-61-71. (In Russian)
- Lappo G.M. *Goroda na puti v budushchee* [Cities on the Way to the Future], Moscow, Mysl' Publ., 1987, 256 p. (In Russian)
- Loskutova M.V. Analiz teorij konkurencii i konkurentosposobnosti [The Analysis of Theories of the Competition and Competitiveness], *Socio-economic phenomena and processes*, 2011, no. 9, p. 101–106. (In Russian)
- Maergojz I.M. [N.N. Baranskii and the Soviet Geography of Cities], *Voprosy geografii* [Problems of Geography], vol. 66, Moscow, Mysl' Publ., 1965, p. 3–5. (In Russian).
- Maergojz I.M. *Geograficheskoe uchenie o gorodah* [Geographical Doctrine of Cities], Moscow, Nauka Publ., 1987, 116 p. (In Russian)
- Makelvil V. *Issledovanie kompetencij* [Competence research], Moscow, Nauka Publ., 1982, 123 p. (In Russian)
- Merlin P. *Methodes quantitative et espace urbain*, Masson, 1973, 190 p.
- Nabilkina L.N. Parizh v zerkale francuzskoj literatury [Paris in the Mirror of French Literature], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2012, no. 1(32), p. 249–251. (In Russian)
- Rejting innovacionnoj privlekatel'nosti mirovyh gorodov: 2023* [Global Cities Innovation Index: 2023], Moscow, HSE Publ., 2023, 316 p. (In Russian)
- Robinson J. Global and World Cities: A View from off the Map, *International Journal of Urban and Regional Research*, 2002, h. 3, no. 26, p. 531–554.
- Sassen S. *The Global City: New York, London, Tokyo*, Princeton, New Jersey, 1991, 480 p.
- Sluka A.E. *Ekonomicheskaya geografiya Francii* [The Economic Geography of France], Moscow, MGU Publ., 1956, 126 p. (In Russian)
- Sluka A.E. [The population of Greater Paris (social structures and their dynamics)], *Voprosy ekonomicheskoy i politicheskoy geografii zarubezhnyh stran* [Questions of Economic and Political Geography of Foreign Countries], Moscow, ILA RAN Publ., 1992, vol. 12, p. 7–25. (In Russian)
- Sluka A.E. [Paris], *Kрупнейшие города капиталистических и развивающихся стран* [The Largest Cities of Capitalist and Developing Countries], Moscow, MGU Publ., 1987, p. 37–55. (In Russian)
- Sluka A.E. [Districts of France: development indicators], *Voprosy ekonomicheskoy i politicheskoy geografii zarubezhnyh stran* [Questions of Economic and Political Geography of Foreign Countries], Moscow, MGU Publ., 2006, vol. 16, p. 211–116. (In Russian)
- Toffler A. *Power Shift*, Bantam Books, 1990, 585 p.
- Vaudelin C. The Grand Paris and the New Moscow: Compared Perspectives, *RUDN J. Polit. Sci.*, 2018, vol. 20, no. 2, p. 246–254, DOI: 10.22363/2313-1438-2018-20-2-246-254.
- Vidal de La Blache P. *Tableau de la Géographie de la France*, Librairie Hachette, 1908, 524 p.
- Vitver I.A., Sluka A.E. *Franciya. Ekonomicheskaya geografiya* [France. Economic Geography], Moscow, Geografiz Publ., 1958, 415 p. (In Russian)
- Vitver I.A., Sluka A.E., Chernikov G.P. *Sovremennaya Franciya* [Modern France], Moscow, Mysl' Publ., 1969, 430 p. (In Russian)
- Volsky V.V., Bonifatieva L.M. [I.A. Vitver – Life and Work], *Voprosy ekonomicheskoy i politicheskoy geografii zarubezhnyh stran* [Questions of Economic and Political Geography of Foreign Countries], Moscow, ILA RAN Publ., 1990, vol. 11, p. 7–25. (In Russian)

*Web sources*

- Demographia World Urban Areas, URL: <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf> (access date 30.03.2023).
- Dun & Bradstreet, 2019, URL: <https://www.dnb.com/> (access date 15.03.2021).
- GaWC, Globalization and world cities, 2020, URL: <https://www.lboro.ac.uk/gawc/> (access date 08.03.2020).
- City Perception Survey 2022. Institute for Urban Strategies at the Mori Memorial Foundation, Global Power City Index (GPCI). URL: <https://www.mori-m-foundation.or.jp/english/ius2/cps2/index.shtml> (access date 30.03.2023).
- Kadre K. Gde zhivut milliardery? 10 gorodov s naibol'shim chislom bogateyshih lyudej planet [Where do billionaires live? 10 cities with the largest number of the richest people on the planet], URL: <https://www.forbes.ru/milliardery-photogallery/373217-gde-zhivut-milliardery-10-gorodov-s-naibolshim-chislom-bogateyshih> (access date 30.03.2023).
- Novye rezul'taty rejtinga City Brand Index 2020 [New results of the City Brand Index 2020 rating], URL: <https://www.ipsos.com/ru-ru/novye-rezultaty-rejtinga-city-brand-index-2020> (access date 30.03.2023).
- Stali izvestny goroda s samym bol'shim kolichestvom bogatykh lyudej [The cities with the largest number of rich people have become known], URL: <https://iz.ru/1394620/2022-09-13/stali-izvestny-goroda-s-samym-bolshim-kolichestvom-bogatykh-liudei> (access date 30.04.2023).
- The Global 2000, Forbes 2022, URL: <https://www.forbes.com/global2000/> (access date 10.06.2020).
- The Global 500, Fortune 2020, URL: <https://fortune.com/company/accnture/global500/> (access date 15.04.2021).
- Transform risk into resilience, Craft, 2019, URL: <https://craft.co/> (access date 11.12.2019).

Received 04.04.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 24.05.2023

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 598.2:553.7(571.56)

ВЕСЕННЯЯ МИГРАЦИЯ ВОДНО-ОКОЛОВОДНЫХ ПТИЦ  
НА ПЛАТО ПУТОРАНА

А.А. Романов

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
кафедра биогеографии, проф., д-р биол. наук; e-mail: putorana05@mail.ru*

Проанализированы эколого-географическая дифференциация и динамика весенней миграции водно-околоводных птиц плато Путорана. На площади 250 000 км<sup>2</sup> обследованы восемь пунктов в северной, южной, западной и восточной частях региона. Использован метод маршрутного учета. Водно-околоводная авифауна плато Путорана в весенний миграционный период насчитывает 68 видов. Птицы летят в северном, восточном и западном направлениях. Делают остановки на рано освобождающихся от снега и льда участках речных дельт. Плотность населения птиц в пунктах остановок 15–227, в среднем ( $n = 8$ ) 94 ос./1 км береговой линии. Население птиц на озерах значительно беднее, чем на сопредельных речных участках. Весь весенний пролет водно-околоводных птиц проходит с 19 мая по 27 июня и длится в среднем ( $n = 10$ ) 23 суток. Основной пролет проходит с 25 мая по 17 июня и длится в среднем ( $n = 8$ ) семь суток. Миграция максимально интенсивна на западе Путорана, где через обследованные пункты пролетает не менее 20 000–30 000 особей водно-околоводных птиц. Численно доминируют 19 видов, в т. ч. чирок-свиистунок, свиязь, шилохвость, сибирский пепельный улит, кулик-воробей.

**Ключевые слова:** весенняя миграция, водно-околоводные птицы, динамика населения, видовое разнообразие, речное устье, озеро, полынья, плато Путорана

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.8

## ВВЕДЕНИЕ

Эколого-географическая дифференциация, структура и динамика населения птиц весеннего миграционного периода плато Путорана до сих пор изучены неудовлетворительно. Разрозненные данные о пролете птиц в пределах плато рассредоточены по немногочисленным монографиям и статьям и относятся, как правило, к отдельным пунктам: котловине оз. Кета и верховьям р. Рыбной [Кречмар, 1966, 1968; Романов, 2006], котловицам озер Капчук [Морозов, 1984], Аян, Кутарамакан, Някшингда, Агата Верхняя, устьям рек Ягтали и Хукэлче [Романов, 1996, 2006; Романов и др., 2007]. Целенаправленные исследования миграции птиц на плато Путорана, проведенные с различной степенью подробности, единичны [Кречмар, 1968; Боржонов, 1977; Зырянов, Павлов, 1984; Романов 2006]. Часть сведений слишком генерализована [Харитонов, 2003; Полевой..., 2011; Лаппо и др., 2012; Соловьев и др., 2012]. Обобщение и анализ количественных параметров весенней миграции птиц на плато Путорана не проводился. Между тем общеизвестна актуальность определения обилия мигрантов, интенсивности миграционных потоков и закономер-

ностей формирования скоплений птиц в местах миграционных остановок.

Основная цель настоящей работы – выявление пространственно-временной организации населения водно-околоводных птиц плато Путорана в период весенней миграции. В соответствии с этим решались четыре основные задачи: выявление видового состава и структуры авифауны; определение основных параметров населения птиц в пунктах остановок мигрантов (доминирующие по обилию виды, плотность, видовое богатство); установление широтной и меридиональной дифференциации фауны и населения мигрирующих птиц; определение и сравнительный анализ сроков, динамики, преобладающих направлений весенней миграции в разных частях региона.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проанализированы данные о весеннем пролете птиц, целенаправленно собранные в восьми пунктах плато Путорана в 1988–2007 гг. (табл.). Площадь арены исследований – 250 000 км<sup>2</sup>. Учеты птиц проводили на участках озер и рек, наиболее рано освобождавшихся ото льда, а также на первых

вытаивших из-под снега мелководьях, отмелях и берегах. Такие участки обычно приурочены к устьям рек. Суммарная протяженность пеших учетных маршрутов на реках и озерах горно-таежного пояса, проведенных в пределах 80–500 м над ур. моря, составила 364 км. Высоту местности определяли по приборам глобального позиционирования (GPS), а длину пройденных маршрутов – по крупномасштабным картам. Названия рек и озер приведены по топографической карте масштабом 1 : 500 000. Численность птиц определялась прямыми подсчетами с последующим пересчетом числа особей на 1 км береговой линии. Авифауны сравнивались по коэффициенту фаунистической общности Серенсена [Песенко, 1982], население птиц – по коэффициенту сходства населения [Наумов, 1964]. Доминантами считали виды, доля которых в общей плотности населения более 10%, субдоминантами – 1–10%. Многочисленными считались виды с обилием 10–99 ос./км береговой линии, обычными – 1–9 ос./км береговой линии. Авифауна охарактеризована по типам фаун [Штегман, 1938] и в свете представлений о зонально-ландшафтных группах птиц [Кищинский, 1988]. В номенклатуре мы следовали Е.А. Коблику, В.Ю. Архипову [2014]. В качестве сопутствующей информации использованы опросные данные и сведения других исследователей [Сыроечковский, 1961; Кречмар, 1966, 1968; Боржонов, 1977; Зырянов, Ларин, 1983; Зырянов, Павлов, 1984; Морозов, 1984; Лисовский, Лисовская, 2002].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Водно-околоводная авифауна плато Путорана в весенний миграционный период насчитывает 68 видов и в целом составляет 36% всей авифауны плато Путорана ( $n = 188$ ). Среди этих видов транзитные мигранты ( $n = 8$ ; 12%), виды, которые встречаются не только на пролете, но и гнездятся в регионе исследований ( $n = 50$ ; 73%), а также кочующие ( $n = 2$ ; 3%), залетные ( $n = 5$ ; 7%) или имеющие неопределенный статус ( $n = 3$ ; 5%). Среди видов птиц, встречающихся на плато Путорана исключительно на пролете, – краснозобая казарка (*Branta rufiollis* (Pallas)), тулес (*Pluvialis squatarola* (L.)), камнешарка (*Arenaria interpres* (L.)), краснозобик (*Calidris ferruginea* (Pontoppidan)), чернозобик (*Calidris alpine* (L.)), дутыш (*Calidris melanotos* (Vieillot)), исландский песочник (*Calidris canutus* (L.)) и песчанка (*Calidris alba* (Pallas)). В результате залетов встречены серая цапля (*Ardea cinerea* (L.)), пеганка (*Tadorna tadorna* (L.)), большой веретенник (*Limosa limosa* (L.)), американский бекасовидный веретенник (*Limnodromus scolopaceus* (Say)) и бургомистр (*Larus hyperboreus* (Gunnerus)).

По числу представленных видов преобладают наиболее характерные для бореального и гипоарктического поясов Палеарктики гусеобразные (Anseriformes) ( $n = 24$ ; 35%) и ржанкообразные (Charadriiformes) ( $n = 40$ ; 59%). Существенно менее значимы гагарообразные (Gaviiformes) и аистообразные (Ciconiiformes), суммарно составляющие 6%.

Видовой состав птиц весеннего миграционного периода на плато Путорана формируется видами четырех типов фаун, наиболее значимы из которых элементы арктической фауны ( $n = 28$ ; 41%), а также широко распространенные виды ( $n = 23$ ; 34%). Второстепенную, хотя и существенную долю составляют представители сибирского (таежного) фаунистического комплекса ( $n = 16$ ; 24%).

Авифауна весеннего миграционного периода на плато Путорана неоднородна также и по сочетанию представителей девяти зонально-ландшафтных групп. Наиболее значимы из них виды, связанные в своем распространении с зоной тундры: гипоарктические, гемиарктические и эоарктические, суммарно составляющие 53%.

По специфике поиска корма и соответственно предпочитаемым кормовым местообитаниям все мигранты могут быть условно разделены на три группы.

Добывающие корм нырянием – краснозобая (*Gavia stellata* (Pontoppidan)) и чернозобая (*Gavia arctica* (L.)) гагары, гоголь (*Bucephala clangula* (L.)), хохлатая (*Aythya fuligula* (L.)) и морская (*Aythya marila* (L.)) чернети, морянка (*Clangula hyemalis* (L.)), синьга (*Melanitta nigra* (L.)), турпан (*Melanitta fusca* (L.)), луток (*Mergellus albellus* (L.)), большой (*Mergus merganser* (L.)) и длинноносый (*Mergus serrator* (L.)) крохали – встречаются, главным образом, в полыньях с большими глубинами (8–10 м и более): у кромок монолитных полей озерного льда, окаймляющих приустьевые полыньи, на разводьях в самых глубоких частях истоков и устьев рек.

Другая группа встречается в устьях рек, преимущественно на полыньях с минимальными глубинами (0,5–1,5 м и менее) и на вытаивших из-под льда береговых проталинах. Лебедь-кликун (*Cygnus cygnus* (L.)), малый лебедь (*Cygnus bewickii* (Yarrell)), свиязь (*Anas penelope* (L.)), шилохвость (*Anas acuta* (L.)), чирок-свиистунок (*Anas crecca* (L.)), чирок-трекун (*Anas querquedula* (L.)), широконоска (*Anas clypeata* (L.)), плосконосый (*Phalaropus fulicarius* (L.)) и круглоносый (*Phalaropus lobatus* (L.)) плавуны кормятся на мелководной прибрежной акватории, влажных песчано-илистых отмелях, полужатопленных заиленных осоковниках. Речные утки встречаются в мелководных заводьях, отшнурованных от основного русла песчано-галечными косами. Гуменник (*Anser fabalis* (Latham)) и пискулька

(*Anser erythropus* (L.)) кормятся на задернованных галечных и песчаных берегах, пойменных разнотравно-осоковых луговинах.

Кулики кормятся у уреза воды на галечных и песчаных косах, на илистых или песчаных мелководьях, на задернованных участках берега, на песчано-илистых отмелях, изобилующих мелкими лужицами и ручейками. Среди них галстучник (*Charadrius hiaticula* (L.)), сибирский пепельный улит (*Heteroscelus brevipes* (Vieillot)), мородунка (*Xenus cinereus* (Güldenstädt)), камнешарка (*Arenaria*

*interpres* (L.)), кулик-воробей (*Calidris minuta* (Leisler)), белохвостый песочник (*Calidris temminckii* (Leisler)), краснозобик, чернозобик, исландский песочник, малый веретенник (*Limosa lapponica* (L.)). Золотистая ржанка (*Pluvialis apricaria* (L.)), фифи (*Tringa glareola* (L.)), турухтан (*Philomachus pugnax* (L.)), бекас (*Gallinago gallinago* (L.)), азиатский бекас (*Gallinago gallinago* (L.)), средний кроншнеп (*Numenius phaeopus* (L.)) часто встречаются на прибрежных мохово-осоковых болотах и разнотравно-осоково-злаковых луговинах.

Таблица

## Пункты изучения и параметры весенней миграции водно-околоводных птиц на плато Путорана

Пункт исследований	Период наблюдений	Часть плато Путорана	Географические координаты пункта наблюдений	Высота местности, м над ур. моря	Протяженность учетных маршрутов, км	Площадь наблюдений, км <sup>2</sup>	Продолжительность пролета, сут.	Продолжительность основного пролета, сут.	Основное направление пролета	Общее число особей за весь период наблюдений	Общее число видов за весь период наблюдений	Среднее число особей на 1 км береговой линии
Оз. Кета, устье р. Амдундакта**	31.05.2004–25.06.2004	З	68°41' с. ш., 90°40' в. д.	85	42	4	25	8	–	8474	45	202
Оз. Агата Верхняя, устье р. Агата**	2–14.06.2003	З	67°00' с. ш., 91°59' в. д.	219	34	4	12	7	Вос.	4820	40	227
Западная окраина оз. Кутарамакан*	1–24.06.1990	З	68°33' с. ш., 91°22' в. д.	109	43	4	–	7	–	–	32	123
Р. Аян, устье р. Хукэлчэ*	9–30.06.1989	С	69°55' с. ш., 94°49' в. д.	150	51	3	34	10	Сев.	–	33	15
Зал. Капчуг оз. Аян, устье р. Капчуг**	27.05.1988–15.06.1988	Ц	69°00' с. ш., 94°28' в. д.	470	23	2	19	8	Сев.	978	36	84
Р. Курейка, устье р. Ягтали**	3–12.06.2006	Ц	68°22' с. ш., 94°11' в. д.	122	37	3	15	5	–	942	32	35
Оз. Някшингда, исток р. Някшингда*	27.05.1991–15.06.1991	Ц	66°58' с. ш., 93°22' в. д.	272	65	3	20	10	Сев.	–	37	45
Оз. Харпича, исток р. Котуй**	22.05.2007–21.06.2007	В	68°46' с. ш., 97°00' в. д.	480	69	2	31	2	Зап.	1098	43	21
Оз. Кета, исток р. Рыбной [Кречмар, 1966, 1968]	Май–июнь 1958, 1959, 1964	З	68°50' с.ш., 89°35' в.д.	85	–	–	–	–	–	–	–	–
Оз. Капчук, устье р. Никита-Юрях [Морозов, 1984]	Май–июнь 1980	З	69°27' с. ш., 91°00' в. д.	64	–	–	–	–	–	–	–	–
Оз. Собачье, исток р. Муксун [опросные данные]	Май–июнь 1994–1999	З	69°04' с. ш., 90°55' в. д.	69	–	–	–	–	–	–	–	–
Оз. Аян [Боржонов, 1977; Зырянов, Павлов, 1984]	Май–июнь 1970–1980	Ц	69°00' с. ш., 94°10' в. д.	470	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: \* – данные автора; \*\* – данные автора по ежедневным наблюдениям в течение всего пролета; З – западная; В – восточная; Ц – центрально-осевая; С – северная; Зап. – западное; Вос. – восточное; Сев. – северное.

Установлено, что в локальных авифаунах обследованных пунктов Путорана ( $n = 10$ ) 20–45, в среднем 36 видов. В пунктах многодневных наблюдений ( $n = 5$ ) за сутки регистрировалось 10–21, в среднем 14 видов. Коэффициенты общности локальных авифаун – 56–82%. В подавляющем большинстве случаев (30 из 45) значение превышает 70%, что свидетельствует об однородности региональной авифауны в период весеннего пролета.

Показатель представленности общей авифауны весеннего периода ( $n = 68$ ) в отдельных пунктах плато ( $n = 10$ ) – 29–66%. Почти повсеместно ( $n = 9$ ) он выше или близок к 50%.

Одновременно во всех или почти всех районах ( $n = 8–10$ ) на весеннем пролете встречены 26 видов, составляющих 38% водно-околоводной авифауны миграционного периода: чернозобая гагара, гуменник, чирок-свистунок, свиязь, хохлатая чернеть, синьга, морянка, гоголь, длинноносый крохаль, галстучник, фифи, перевозчик (*Actitis hypoleucos* (L.)), кулик-воробей, чернозобик, халей (*Larus heuglini* (Bree)), сизая чайка (*Larus canus* (L.)) и др. Лишь в 1–3 пунктах плато Путорана, обследованных в период весеннего пролета, зарегистрировано 27 видов птиц: малый лебедь, клоктун (*Anas formosa* (Georgi)), кряква (*Anas platyrhynchos* (L.)), горбоносый турпан (*Melanitta deglandi* (Bonaparte)), белоклювая гагара (*Gavia adamsii* (G.R. Gray)), бурокрылая ржанка (*Pluvialis fulva* (J.F. Gmelin)), гаршнеп (*Lymnocyptes minimus* (Brünnich)), длиннопалый песочник (*Calidris subminuta* (Middendorff)), большой улит (*Tringa nebularia* (Gunnerus)), грязовик (*Limicola falcinellus* (Pontoppidan)), средний (*Stercorarius pomarinus* (Temminck)), короткохвостый (*Stercorarius parasiticus* (L.)) и длиннохвостый (*Stercorarius longicaudus* (Vieillot)) поморники, малая чайка (*Larus minutus* (Pallas)), речная крачка (*Sterna hirundo* (L.)) и др.

Появление первых лебедей-кликунов и гуменников отмечалось 1–3 мая 1982, 1985, 1994–1999 гг., чирков-свистунков и халеев – 12–17 мая 1985 и 1991 гг., задолго до появления общего миграционного потока. Аналогичные данные приводит А.В. Кречмар [1966, 1968], отмечавший в 1958, 1959, 1964 гг. появление первых лебедей-кликунов и гуменников 6–17 мая, первых связей, шилохвостей, больших крохалей, халеев 20–23 мая, гоголей, синьг, турпанов, галстучников, сибирских пепельных улитов 30–31 мая.

В четырех из пяти пунктов, где проведены ежедневные наблюдения, ход пролета представлял собой единую волну с одним выраженным максимумом. Всплески миграционной активности проявились 9 июня 1988 г., 15 июня 2004 г., 8 июня 2003 г., 30 мая 2007 г. Лишь в одном пункте было два пика пролета: 5 и 10 июня 2006 г.

Абсолютное большинство лебедей и гусей пролетает в начале весенней миграции, уток и куликов – в середине, гагар – в конце. Сроки основного пролета речных уток и куликов, в целом, либо совпадают, либо отличаются весьма незначительно. Основной пролет нырковых уток, как бы запаздывающая, несколько смещен во времени, и обычно идет на 2–8 дней позднее, чем у речных уток. В некоторые годы, когда русла рек быстро освобождаются ото льда уже к 1–3 июня, пролет речных и нырковых уток синхронизирован. Такая ситуация наблюдалась, например, на р. Някшингда в 1991 г. и на р. Курейка в 2006 г.

Пролет гагар на плато Путорана проходит в период 4–26 июня и занимает 5–18, в среднем 11 суток ( $n = 8$ ). Обычно пролет начинается 9–11 июня (реже раньше), а завершается 10–17 июня (реже позже). Пролет гусей на плато Путорана проходит с 1 мая по 11 июня и занимает 1–21, в среднем 12 суток ( $n = 8$ ). Обычно пролет начинается 19–25 мая, а завершается 4–11 июня. Пролет речных уток на плато Путорана проходит в период с 24 мая по 23 июня и обычно занимает 10–29, в среднем 17 суток ( $n = 9$ ). Обычно пролет начинается 24–30 мая, а завершается 10–20 июня. Основной пролет проходит 4–17 июня (реже раньше) и занимает 6–10, в среднем 8 суток ( $n = 6$ ). Пролет нырковых уток на плато Путорана проходит в период с 27 мая по 28 июня и обычно занимает 10–20, в среднем 15 суток ( $n = 9$ ). Обычно пролет начинается 1–11 июня, а завершается 10–20 июня. Основной пролет проходит 8–25 июня (реже раньше) и занимает 2–11, в среднем 6 суток ( $n = 6$ ). Пролет куликов на плато Путорана проходит в период с 24 мая по 27 июня и обычно занимает 10–20, в среднем 14 суток ( $n = 9$ ). Обычно пролет начинается 2–10 июня, а завершается 10–15 июня. Основной пролет проходит 4–17 июня (реже раньше) и занимает 3–10, в среднем 7 суток ( $n = 5$ ).

Большинство особей почти всех видов объединены в стаи, чаще моновидовые, реже поливидовые. Моновидовые стаи численностью 3–10 особей формируют лебедь-кликун, малый лебедь, пискулька, луток, длинноносый крохаль, сибирский пепельный улит, перевозчик, стаи численностью 3–60 особей – гуменник, белолобый гусь (*Anser albifrons* (Scopoli)), хохлатая чернеть, синьга, гоголь, большой крохаль, золотистая ржанка, галстучник, плосконосый плавунчик, круглоносый плавунчик, кулик-воробей, белохвостый песочник, чернозобик, турухтан. В пунктах остановок самые крупные моновидовые объединения численностью 100–300 особей образуют свиязь, чирок-свистунок, шилохвость, морянка. Отдельными парами держатся гагары и турпан, одиночно – бекас, азиатский бекас, редкие залетные виды.

Равное соотношение самцов и самок сохраняется в течение всего пролета в стаях синьги, гоголя, лутка, турухтана, и меняется на заключительном этапе пролета в пользу самцов (70–100%) в стаях связы, чирка-свистунка, шилохвости. В течение всего пролета в стаях хохлатой чернети, морянки, большого крохале больше самцов (60–100%), а в стаях длинноносого крохале, плосконосого и круглоносого плавунчиков – самок (80–100%).

Поливидовые кормовые скопления на небольших участках в устьях рек образуют гуменник, пискулька, связь, чирок-свистунок, шилохвость. Одиночные клоктуны иногда присоединяются к стаям шилохвости, а морянки и турпаны к стаям синьги. Из пролетных куликов в пунктах остановок чаще всего объединяются в поливидовые скопления галстучник, чернозобик, белохвостый песочник, кулик-воробей. Сибирский пепельный улит иногда образует смешанные кормовые группы с щеголем (*Tringa erythropus* (Pallas)), мородункой и фифи [Кречмар, 1966], белохвостый песочник – с краснозобиками, а кулик-воробей – с рогатыми жаворонками (*Eremophila alpestris* (L.)) и белыми трясогузками (*Motacilla alba* (L.)).

В обследованных пунктах Путорана плотность населения птиц в весенний миграционный период 15–227, в среднем 94 ос./1 км береговой линии ( $n = 8$ ). В пунктах многодневных наблюдений максимальная плотность населения в дни наиболее интенсивного пролета составляет 64–725, в среднем 313 ос./1 км береговой линии ( $n = 5$ ). Уровень сходства населения птиц обследованных в весенний миграционный период пунктов Путорана ( $n = 8$ ) – 6–56%, в большинстве случаев (18 из 28) невысок и лежит в интервале 6–20%.

В весенний миграционный период плотность населения птиц на оз. Кутарамакан составляет 123, на р. Аян – 15, в устье р. Капчуг – 84, на р. Курейке – 35, в истоке р. Някшингда – 45 ос./1 км береговой линии, а в гнездовой – не превышает соответственно 6, 6, 10, 9, 3 ос./1 км береговой линии.

Установлено, что в весенний миграционный период население птиц на озерах всегда (а фауна чаще всего) значительно беднее, чем на сопредельных участках рек. Плотность населения птиц в устье р. Агата составляет 227, в устье р. Капчуг – 84, в истоке р. Котуй – 21 ос./1 км береговой линии, а на сопредельной акватории оз. Агата Верхняя, зал. Капчуг, оз. Харпича – не превышает соответственно 44, 2, 1 ос./1 км береговой линии. Выявленное сокращение плотности населения в 5–40 раз соответствует закономерности понижения продуктивности сообществ животных при движении из устьев (или обширных истоков) рек в акваторию олиготрофных тектонических озер. Сходство населения устья

р. Агата и оз. Агата Верхняя составляет 18%, устья р. Капчуг и зал. Капчуг – 2%, истока р. Котуй и оз. Харпича – 4%.

Среди доминантов или наиболее многочисленных субдоминантов 19 видов, в т. ч. чирок-свистунок, связь, шилохвость, сибирский пепельный улит, кулик-воробей – одновременно на 4–8 водных объектах, морянка, гоголь, белохвостый песочник, турухтан – на 1–3 водных объектах. В число доминантов 1–2 пунктов входят также хохлатая чернеть, перевозчик, халей, а в число основных субдоминантов 1–3 пунктов – гуменник, синьга, большой крохаль, галстучник, чернозобик, плосконосый плавунчик, полярная крачка (*Sterna paradisaea* (Pontoppidan)).

В пределах Таймыро-Путоранского региона перекрываются северные участки всех пяти глобальных пролетных путей Палеарктики: восточно-атлантического, черноморско-средиземноморского, западноазиатско-восточноафриканского, центральноазиатского и восточноазиатско-австралийского [Исаков, Шеварева, 1968; Соловьев и др., 2012]. Вероятно, через плато Путорана мигрируют виды, гнездящиеся как на полуострове Таймыр, так и в других арктических регионах, расположенных западнее или восточнее [Полевой..., 2011; Лаппо и др., 2012], а некоторые гусеобразные представлены здесь разными географическими популяциями [Рогачева, 1988]. С этим согласуются данные о выявленных направлениях весеннего пролета птиц через плато Путорана. В большинстве обследованных пунктов ( $n = 7$ ) северное направление преобладает. При этом в некоторых пунктах ( $n = 2$ ) запада Путорана многие виды появлялись с запада и летели на восток. У оз. Капчуг среди таких видов – длинноносый крохаль, чернозобик, средний кроншнеп, полярная крачка [Морозов, 1984], а у оз. Агата Верхняя – лебедь-кликун, малый лебедь, гуменник, все виды уток, куликов, чайковых. В верховьях р. Котуй и котловине оз. Харпича, расположенных на востоке региона, гуменник, белолобый гусь, лебедь-кликун, шилохвость, чирок-свистунок, сибирский пепельный улит, халей появлялись с востока и летели на запад. Вероятная причина такого широтно ориентированного пролета – стремление части птиц достичь по кратчайшему пути не северных, а северо-восточных или северо-западных окраин Путорана, занятых обширными сопредельными равнинами. Вероятно, на северо-запад летят птицы, возвращающиеся с зимовок, расположенных восточнее центрально-осевой части Евразии, протянувшейся от полуострова Таймыр до полуострова Индостан, а на северо-восток, соответственно, возвращающиеся с зимовок, расположенных западнее этой центрально-осевой части. Учитывая наличие

одновременно западного и восточного направлений пролета у гуменника, шилохвости, чирка-свистунка, допустимо предположить, что через Путорана летят особи, представляющие разные географические популяции этих гусеобразных.

Весенний пролет вдоль р. Енисей намного более интенсивен, чем в предгорьях Путорана [Кречмар, 1968]. При этом горные районы не представляют для мигрирующих птиц непреодолимого препятствия. При наличии благоприятных экологических условий горы могут составлять неотъемлемый элемент системы миграционных путей. И не только в регионе наших исследований, но и в других частях Палеарктики [Весенний..., 1985; Забелин, 1997; Рогачева, 1988; Джамирзоев и др., 2014]. Возможность миграции птиц через территорию Путорана предопределена тем, что плато повсеместно расчленено сетью глубоких (в ряде случаев сквозных) тектонических долин, где формируется широкий спектр местообитаний для водно-околоводных видов птиц. По глубоко врезанным долинам рек и котловинам озер птицы успешно преодолевают территорию плато транзитно, находя при необходимости подходящие места для остановок. Фронтальный пролет над вершинами плато редок и наблюдался лишь у гуменника и белолобого гуся в долине р. Аян в 1989 г.

Плотность населения мигрирующих птиц увеличивается незначительно в южном направлении и существенно в направлении западных окраин, где достигает максимальных значений (см. табл.).

На влажной западной окраине Путорана уровень воды в полноводных реках в период весеннего пролета не бывает менее 70% от уровня летнего максимума. Здесь формируются скопления птиц до 2500–3000 особей [Кречмар, 1966, 1968; Романов, 2006]. Мозаичность местообитаний в устьях рек запада плато предопределяет повышенное обилие видов различных экологических групп, в т. ч. кустарниково-прибрежных (фифи, мородунка), тундровых (золотистая ржанка, чернозобик, кулик-воробей), болотно-луговых (турухтан), горно-речных (сибирский пепельный улит), петрофильных (хрустан (*Eudromias morinellus* (L))). Обилие связи, чирка-свистунка, шилохвости, краснозобой гагары, галстучника, кулика-воробья, чернозобика в водно-околоводных биотопах запада плато составляет 46, 69, 33, 3, 14, 35, 12 ос./1 км береговой линии, а в аналогичных местообитаниях в центре и на востоке региона не превышает 7, 17, 4, 0,2, 6, 9, 4 ос./1 км береговой линии соответственно. Многочисленность мигрантов на западе Путорана, вероятно, может быть также следствием близко расположенного магистрального пути пролета в долине р. Енисей и численного преобладания птиц, возвращающихся с зимовок, расположенных западнее центрально-осе-

вой части Евразии, протянувшейся от полуострова Таймыр до полуострова Индостан.

На значительно более сухой восточной окраине плато полностью иссушенные за зиму русла рек заполняются водой лишь после начала интенсивного таяния снега в горах. Уровень воды в реках в период пролета составляет здесь всего 10% от летнего максимума, поэтому скоплений мигрантов не наблюдается. Поздний и резкий подъем уровня воды делает водотоки недоступными для остановок пролетных птиц, что в немалой степени определяет географию миграционных путей в пределах Путорана.

Население птиц очень динамично, так как доступность кормных местообитаний быстро меняется. К появлению ранних мигрантов (15–20 мая) снежный покров на плато Путорана находится в полноценном зимнем состоянии, а небольшие промоины на реках только начинают формироваться. В это время на полыньях в устьях рек и узких развоях у берегов озер появляются первые лебеди-кликуны, малые лебеди, гуменники, пискунки, халеи. Спустя несколько дней, после того как начинают вскрываться путоранские реки и оттаивать первые береговые отмели (1–7 июня), появляются утки и кулики. Пока участков акваторий, освободившихся ото льда немного, прилетающие гуменники, чирки-свистунки, связи, шилохвости, морянки, синьги, галстучники, кулики-воробьи, белохвостые песочники, чернозобики, плосконосые плавунчики образуют в устьях рек скопления до 1500–2000 особей. Массовое появление речных уток и куликов обычно синхронизировано (4 июня 1988 г., 5–6 июня 2003 г., 10–11 июня 2004 г., 29–30 мая 2007 г.) и сопряжено с появлением участков свободных ото льда мелководных акваторий и оттаиванием верхнего слоя береговых илистых отмелей. Пока не наступил пик таяния снега в горах и уровень воды в водоемах невысок, мигранты имеют возможность кормиться в водно-околоводных местообитаниях в течение нескольких дней. Завершение основного пролета речных уток и куликов на Путорана связано с резким подъемом уровня воды (13–14 июня 1988 г., 8–12 июня 2003 г., 17–18 июня 2004 г.) на 2–3 м и полным затоплением кормовых местообитаний [Романов, 1996, 2006]. В отличие от куликов, пролет у речных уток иногда продолжается еще несколько дней после подъема уровня воды, когда они рассредоточиваются по акватории речных разливов. Для пролета нырковых уток, ведущих поиск корма на глубине, резкий подъем уровня воды не является столь существенным лимитирующим фактором.

Суммарное число одномоментно наблюдавшихся на учетах особей не дает полноценной количественной картины интенсивности пролета (см. табл.), так как в каждом обследованном пункте кор-

мивавшиеся птицы постоянно перелетали с места на место, круглосуточно шел подлет новых мигрантов и отлет тех, что успели отдохнуть и покормиться. Значительная часть особей многих видов летит, не останавливаясь на отдых. Долины рек Аян, Муксун и котловины озер Собачье, Аян, Някшингда 85–90% особей гуменников и белолобых гусей преодолевают транзитно. Транзитный пролет ряда видов (чернозобая гагара, малый лебедь, гуменник, белолобый гусь, чирок-свистунок, шилохвость, хохлатая чернеть, гоголь, морянка, большой крохаль, галстучник) идет ночью. Поэтому число птиц, реально пролетающих в сутки через каждый пункт, вероятно в 1,5–2 раза больше отмеченного нами, что в итоге сопоставимо с данными о пролете весной через оз. Аян около 1800 особей гусей [Боржонов, 1977], а в целом над центральной частью Путорана – около 1500 белолобых гусей, 10 000–15 000 гуменников, нескольких тысяч чирков-свистунков, связей, шилохвостей, нескольких сотен морянок, длинноносых и больших крохалей [Зырянов, Павлов, 1984].

### ВЫВОДЫ

Миграционные пути водно-околоводных птиц, в т. ч. пункты остановок, связаны в заполярной части Среднесибирского плоскогорья с озерно-речной системой плато Путорана – интразональным компонентом северотаежных ландшафтов.

Интенсивность весенней миграции максимально высока на западе Путорана, где долины рек Северной и Курейки в совокупности с западными окраинами крупных тектонических озер Хантайское, Кутарамакан, Кета, Собачье, Глубокое, Лама образуют отчетливо выраженный предгорный миграционный коридор.

Для водно-околоводных птиц плато Путорана – своеобразный узел пересечения миграционных путей, связывающих евразийскую Арктику с Африкой, Австралией, Юго-Восточной Азией, Средиземноморьем и многими другими регионами мира. Установлено, что, наряду с повсеместно преобладающим северным направлением весеннего пролета, в некоторых западных частях плато мигранты появляются с запада и продолжают движение на восток, а на востоке – в прямо противоположном направлении.

Водно-околоводная авифауна плато Путорана в весенний миграционный период насчитывает 68 видов, формируется представителями четырех типов фаун, наиболее значимы из которых элементы арктического фаунистического комплекса (41%), и видами девяти зонально-ландшафтных групп, наиболее значимы из которых тундровые (53%).

Локальные авифауны ( $n = 10$ ) весеннего миграционного периода насчитывают 20–45, в среднем

36 видов. В пунктах многодневных наблюдений ( $n = 5$ ) за сутки зарегистрировано 10–21, в среднем 14 видов водно-околоводных птиц. Показатель представленности общей авифауны весеннего миграционного периода плато Путорана в отдельных его пунктах ( $n = 10$ ) – 29–66%, причем почти повсеместно ( $n = 9$ ) он выше или близок к 50%.

Биотопическая дифференциация мигрантов в пунктах остановок определяется спецификой приемов поиска корма и доступностью предпочитаемых кормовых местообитаний. По характеру пространственного распределения в местах остановок на отдых и кормежку различаются виды, распространенные повсеместно ( $n = 26$ ; 38%), локально ( $n = 15$ ; 22%), точно ( $n = 27$ ; 40%).

В обследованных пунктах Путорана плотность населения птиц в весенний миграционный период 15–227, в среднем ( $n = 8$ ) 94 ос./1 км береговой линии. В пунктах многодневных наблюдений максимальная плотность населения в дни наиболее интенсивного пролета составляла 64–725, в среднем ( $n = 5$ ) 313 ос./1 км береговой линии. В обследованных пунктах ( $n = 8$ ) плато Путорана уровень сходства населения птиц (6–56%) ниже, чем уровень сходства локальных авифаун (56–82%).

Установлено, что в период весеннего пролета плотность населения водно-околоводных птиц и обилие абсолютного большинства видов максимальны в истоках р. Рыбной, в устьях рек Агагы и Амдундакты на западе Путорана. Эти показатели меньше в устье р. Капчуг в центральной части региона и минимальны в истоках, устьях и руслах рек центрально-осевой (реки Хукэлчэ, Аян, Курейка, Някшингда) и восточной (р. Котуй) частей плато.

Плотность населения и обилие большинства видов птиц в весенний миграционный период существенно больше, чем в гнездовой. В весенний миграционный период население птиц на озерах всегда (а фауна чаще всего) значительно беднее, чем на сопредельных речных участках.

В период весеннего пролета в населении водно-околоводных птиц обследованных пунктов ( $n = 8$ ) в числе доминантов или наиболее многочисленных субдоминантов 19 видов: гуменник, чирок-свистунок, связь, шилохвость, хохлатая чернеть, морянка, гоголь, синьга, большой крохаль, галстучник, сибирский пепельный улит, кулик-воробей, белохвостый песочник, турухтан, перевозчик, чернозобик, плосконосый плавунчик, халей, полярная крачка.

Весь видимый весенний пролет водно-околоводных птиц на плато Путорана проходит в период с 19 мая по 27 июня и обычно длится 12–39, в среднем 23 дня ( $n = 10$ ). Основной пролет обычно проходит в период с 25 мая по 17 июня и обычно длится 5–10, в среднем 7 суток ( $n = 8$ ).

Динамику весеннего пролета и закономерности формирования населения мигрирующих птиц в местах их остановок определяют полноводность рек, сроки вскрытия водоемов, оттаивания грунта и начала половодья, продолжительность периода низкого уровня воды.

**Благодарность.** Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

За весенний период через устья рек Амдундакты и Агаты на западе Путорана, вероятно, пролетает не менее 20 000–30 000 особей различных водно-околоводных видов, через устья рек Капчуг и Ягтали в центре Путорана и через исток р. Котуй на востоке региона – по 1500–2000 особей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боржонов Б.Б.* Весенний пролет гусей в Путоранах // Фауна и биология гусеобразных птиц. М., 1977. С. 68–69.
- Весенний ночной пролет птиц над аридными и горными пространствами Средней Азии и Казахстана / под ред. В.Р. Дольника. Л.: Зоологический институт АН СССР, 1985. 300 с.
- Джамирзоев Г.С., Перевозов А.Г., Комаров Ю.Е. и др.* Птицы заповедников и национальных парков Северного Кавказа // Труды заповедника «Дагестанский». Вып. 8. Т. 1. Махачкала, 2014. 428 с.
- Забелин В.И.* К вопросу о существовании пролета арктических птиц через горы Центральной Азии // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем Кавказа. Ставрополь, 1997. С. 53–55.
- Зырянов В.А., Ларин В.В.* Видовой состав птиц плато Путорана // Науч.-техн. бюлл. ВАСХНИЛ. Сиб. отделение. 1983. Вып. 7. С. 3–9.
- Зырянов В.А., Павлов Б.М.* Водоплавающие центральной части гор Путорана // Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц. М., 1984. С. 161–162.
- Исаков Ю.А., Шеварева Т.П.* Связи между областями гнездования и зимовки водоплавающих птиц в Центральной Палеарктике // Ресурсы водоплавающей дичи в СССР, их воспроизводство и использование. Второе Всесоюзное совещание. Тезисы докладов. Т. 1. М., 1968. С. 11–13.
- Кищинский А.А.* Орнитофауна северо-востока Азии. М.: Наука, 1988. 288 с.
- Коблик Е.А., Архипов В.Ю.* Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов // Зоологические исследования. 2014. № 14. 171 с.
- Кречмар А.В.* Птицы Западного Таймыра // Биология птиц. М.; Л., 1966. С. 185–312.
- Кречмар А.В.* О сезонных явлениях в жизни птиц района Норильских озер // Орнитология. Вып. 9. 1968. С. 37–48.
- Лаппо Е.Г., Томкович П.С., Сыроечковский Е.Е.* Атлас ареалов гнездящихся куликов Российской Арктики. Атлас-монография. М.: УФ Офсетная печать, 2012. 448 с.
- Лисовский А.А., Лисовская Е.В.* Дополнение к материалам по авифауне окрестностей озера Кутармакан (плато Путорана) // Изучение биологического разнообразия на Енисейском экологическом трансекте. Животный мир. М.: Россельхозакадемия, 2002. С. 348–352.
- Морозов В.В.* Орнитофауна окрестностей оз. Капчуг, плато Путорана // Орнитология. Вып. 19. 1984. С. 30–40.
- Наумов Р.Л.* Птицы в очагах клещевого энцефалита Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского. М., 1964. 19 с.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Полевой определитель гусеобразных птиц России / Рабочая группа по гусеобразным Северной Евразии, Всероссийский научно-исследовательский ин-т охраны природы, Зоологический музей МГУ; под ред. Е.Е. Сыроечковского. М., 2011. 223 с.
- Рогачева Э.В.* Центрально-палеарктический миграционный регион: характерные природные и экономические особенности и основные географические популяции водоплавающих птиц // Казарка: Бюллетень рабочей группы по гусям и лебедям Восточной Европы и Северной Азии. 1988. № 4. С. 331–343.
- Романов А.А.* Птицы плато Путорана. М.: Россельхозакадемия, 1996. 297 с.
- Романов А.А.* Наблюдения за весенним пролетом птиц в котловинах озер Агата Верхняя и Кета // Изучение и охрана животных сообществ плато Путорана. Сборник научных трудов. М., 2006. С. 103–121.
- Романов А.А., Рупасов С.В., Журавлев Е.А., Голубев С.В.* Птицы бассейна р. Курейки // Биоразнообразие экосистем плато Путорана и сопредельных территорий: сб. науч. тр. М., 2007. С. 7–70.
- Соловьев М.Ю., Томкович П.С., Поповкина А.Б., Головнюк В.В.* Современные представления о миграционных связях куликов (*Charadrii*), обитающих на Таймыре // Зоологический журнал. 2012. Т. 91. № 7. С. 831–842.
- Сыроечковский Е.Е.* Птицы Хантайского озера и прилегающих гор Путорана (Средняя Сибирь) // Уч. записки Красноярского пед. ин-та. 1961. Т. 20. Вып. 2. С. 89–119.
- Харитонов С.П.* Миграционные связи птиц Таймыра (по данным Центра кольцевания птиц России ИПЭЭ РАН) // Таймыр: материалы Междунар. научно-практ. конф. «Биологические ресурсы Таймыра и перспективы их использования». СПб.: Астерион, 2003. С. 99–100.
- Штегман Б.К.* Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. М.; Л., 1938. Т. 1. Вып. 2. 157 с.

Поступила в редакцию 08.04.2023

После доработки 15.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## SPRING MIGRATION OF WATER BIRDS ON THE PUTORANA PLATEAU

A.A. Romanov

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography,  
Professor, D.Sc. in Biology; e-mail: putorana05@mail.ru*

Ecologo-geographical differentiation and dynamics of spring migration of water and semiaquatic birds of the Putorana Plateau are analyzed. Eight points were surveyed in the northern, southern, western and eastern parts of the region on the total area of 250 000 km<sup>2</sup>, applying the method of route census. The water and semi-aquatic avifauna of the Putorana Plateau during the spring migration period includes 68 species. The birds fly in north, east and west directions. They make stops at the river deltas that thaw out early. Bird population density at stops is from 15 to 227, on average ( $n = 8$ ) 94 ind./1 km of coastline. The population of birds on lakes is always much smaller than on the adjacent river sections. The entire spring migration of water and semiaquatic birds on the Putorana Plateau takes place from May 19 to June 27 and lasts on average ( $n = 10$ ) 23 days. The main passage runs from May 25 to June 17 and lasts on average ( $n = 8$ ) 7 days. Spring migration is most intense in the west of the Putorana Plateau, where at least 20 000–30 000 individuals of water and semiaquatic birds fly through the surveyed points. There are 19 species among the dominants of water and semiaquatic habitats, including Eurasian Wigeon, Common Teal, Grey-tailed Tattler, Northern Pintail and Little Stint.

**Keywords:** spring migration, aquatic and semiaquatic birds, population dynamics, species diversity, river mouth, lake, polynya (ice-hole), the Putorana Plateau

**Acknowledgements.** The study was carried out under the Development Program of the MSU Interdisciplinary Research and Education School Future of the Planet and Global Changes of the Environment.

## REFERENCES

- Borzhonov B.B. [Spring migration of geese in the Putorana], *Fauna i biologija guseobraznyh ptic* [Fauna and Biology of Anseriformes], Moscow, 1977, p. 68–69. (In Russian)
- Dzhamirzoev G.S., Perevozov A.G., Komarov Ju.E. at el. *Pticy zapovednikov i nacional'nyh parkov Severnogo Kavkaza* [Birds of reserves and national parks of the North Caucasus], *Trudy zapovednika "Dagestanskij"*, vol. 1, iss. 8, Mahachkala, 2014, 428 p. (In Russian)
- Haritonov S.P. [Migration relations of birds of Taimyr (according to the Center for ringing birds of Russia IPEE RAS)], *Biologicheskie resursy Tajmyra i perspektivy ih ispol'zovaniya* [Biological resources of the Taimyr Peninsula and the prospects of their use], Tajmyr, materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf., Saint Petersburg, Asterion Publ., 2003, p. 99–100. (In Russian)
- Isakov Ju.A., Shevareva T.P. [Links between the nesting and wintering areas of waterfowl in the Central Palearctic], *Resursy vodoplavajushhej dichi v SSSR, ih vosпроизводство i ispol'zovanie* [Waterfowl resources in the USSR, their reproduction and use], *Vtoroe Vsesojuznoe soveshanie, Tezisy dokladov*, vol. 1, Moscow, 1968, p. 11–13. (In Russian)
- Kishchinskii A.A. *Ornitofauna severo-vostoka Azii* [Bird fauna of north-east Asia], Moscow, Nauka Publ., 1988, 288 p. (In Russian)
- Koblik E.A., Arkhipov V.Yu. *Fauna ptits stran Severnoy Evrazii v granitsakh byvshego SSSR: spiski vidov* [The fauna of birds in the countries of Northern Eurasia within the borders of the former USSR: lists of species], 2014, no. 14, 171 p. (In Russian)
- Krechmar A.V. [Birds of Western Taimyr], *Biologiya ptic* [Birds Biology], Moscow, Leningrad, 1966, p. 185–312. (In Russian)
- Krechmar A.V. O sezonnyh javlenijah v zhizni ptic rajona Noril'skih ozer [On seasonal phenomena in the life of birds within the Norilsk Lakes region], *Ornitologija*, 1968, iss. 9, p. 37–48. (In Russian)
- Lappo E.G., Tomkovich P.S., Syroechkovskij E.E. *Atlas arealov gnezdjashhihsja kulikov Rossijskoj Arktiki, Atlas-monografija* [Atlas of ranges of nesting waders in the Russian Arctic, Atlas monograph], Moscow, UF Ofsetnaja pechat' Publ., 2012, 448 p. (In Russian)
- Lisovskij A.A., Lisovskaja E.V. [Supplementary materials on the avifauna in the vicinity of the Kutaramakan Lake (the Putorana Plateau)], *Izuchenie biologicheskogo raznoobrazija na Enisejskom ekologicheskom transekte. Zhivotnyj mir* [Studying of biodiversity along the Enisej River ecological transect. The animals], Moscow, Rossel'hozakademii Publ., 2002, p. 348–352. (In Russian)
- Morozov V.V. Ornitofauna okrestnostej oz. Kapchuk, plato Putorana [Bird fauna of Kapchuk Lake and its vicinity, the Putorana Plateau, North-Middle Siberia], *Ornitologija*, 1984, iss. 19, p. 30–40. (In Russian)
- Naumov R.L. *Ptitsy v ochagakh kleshchevogo entsefalita Krasnojarskogo kraja*, thesis abstract ... Ph.D. in Biology [Birds in the centers of tick-borne encephalitis of the Krasnoyarsk Territory], Moscow, E.I. Martsinovskij Institute of Medical Parasitology and Tropical Medicine Publ., 1964, 19 p. (In Russian)
- Pesenko Yu.A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh* [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies], Moscow, Nauka Publ., 1982, 287 p. (In Russian)
- Polevoj opredelitel' guseobraznyh ptic Rossii* [Field guide to Anseriformes of Russia], Rabochaja gruppa po guseobraznym Severnoj Evrazii, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij in-t ohrany prirody, Zoologicheskij muzej MGU, pod red. E.E. Syroechkovskogo, Moscow, 2011, 223 p.
- Rogacheva E.V. *Central'no-palearkticheskij migracionnyj region: harakternye prirodnye i jekonomicheskie osobennos-*

- ti i osnovnye geograficheskie populjicii vodoplavajushhih ptic* [Central Palaearctic migratory region: characteristic natural and economic features and main geographical populations of waterfowl], *Kazarka: Bulletin of the working group on geese and swans of Eastern Europe and Northern Asia*, 1988, no. 4, p. 331–343. (In Russian)
- Romanov A.A. [Observations of the spring migration of birds in the basins of the Upper Agata and Keta lakes], *Izuchenie i ohrana zhivotnyh soobshhestv plato Putorana* [Investigation and conservation of animal cenoses of the Putorana Plateau], *Sbornik nauchnyh trudov*, Moscow, 2006, p. 103–121. (In Russian)
- Romanov A.A. *Pticy plato Putorana* [Birds of the Putorana plateau], Moscow, tip. Rossel'hozakademii, 1996, 297 p. (In Russian)
- Romanov A.A., Rupasov S.V., Zhuravlev E.A., Golubev S.V. [Birds of the Kureyka River basin], *Bioraznoobrazie ekosistem plato Putorana i sopredel'nyh territorij* [Biodiversity of ecosystems of the Putorana Plateau and adjacent territories], *Collection of scientific papers*, Moscow, 2007, p. 7–70. (In Russian)
- Solov'ev M.Ju., Tomkovich P.S., Popovkina A.B., Golovnjuk V.V. *Sovremennye predstavlenija o migracionnyh svjazjah kulikov (Charadrii), obitajushhih na Tajmyre* [Modern concepts of migratory relations of waders (Charadrii) inhabiting Taimyr], *Zoologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 91, no.7, p. 831–842. (In Russian)
- Stegmann B.K. *Osnovy ornitogeograficheskogo deleniya Palearktiki* [Principles of the ornithogeographical subdivision of the Palaearctic region], *Fauna USSR. Pticy*, vol. 1, iss. 2, Moscow, Leningrad, 1938, 157 p. (In Russian)
- Syroechkovskij E.E. *Pticy Hantajskogo ozera i privilegajushhih gor Putorana (Srednjaja Sibir')* [Birds of Khantai Lake and Adjacent Putorana Mountains (Central Siberia)], *Uch. zapiski Krasnojarskogo ped. in-ta*, 1961, vol. 20, iss. 2, p. 89–119. (In Russian)
- Vesennij nochnoj prolet ptic nad aridnymi i gornymi prostranstvami Srednej Azii i Kazahstana* [Spring night passage of birds over arid and mountainous areas of Central Asia and Kazakhstan], *Pod redakciej V.R. Dol'nika*, Leningrad, Zoologicheskij institut AN SSSR, 1985, 300 p. (In Russian)
- Zabelin V.I. [On the possible passage of Arctic birds through the mountains of Central Asia], *Aktual'nye voprosy ekologii i ohrany prirody ekosistem Kavkaza* [Topical issues in ecology and nature conservation of Caucasian ecosystems], *Stavropol'*, 1997, p. 53–55. (In Russian)
- Zyrjanov V.A., Larin V.V. [Species composition of birds of the Putorana Plateau], *Nauchno-tehn. byull. VASHNIL, Sib. Otdelenie* [Scientific and Technical Bulletin. VASHNIL, Siberian Branch], iss. 7, 1983, p. 3–9. (In Russian)
- Zyrjanov V.A., Pavlov B.M. [Waterfowl of the central part of the Putorana Mountains], *Sovremennoe sostojanie resursov vodoplavajushhih ptic* [Actual state of waterfowl resources], Moscow, 1984, p. 161–162. (In Russian)

Received 08.04.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 24.05.2023

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ И ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

М.А. Смирнова<sup>1</sup>, А.Н. Геннадиев<sup>2</sup>, Ю.Г. Чендев<sup>3</sup>, М.В. Бочарников<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет*  
<sup>3</sup> *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле, кафедра природопользования и земельного кадастра*

<sup>1</sup> *Кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, доц., канд. геогр. наук; e-mail: summerija@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, проф., д-р геогр. наук; e-mail: alexagenna@mail.ru*

<sup>3</sup> *Зав. кафедрой, д-р геогр. наук; e-mail: chendev@bsu.edu.ru*

<sup>4</sup> *Кафедра биогеографии, доц., канд. геогр. наук; e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru*

Поиск связей между различными почвенными свойствами и оценка уровня их варьирования имеет важное фундаментальное значение для понимания сущности функционирования почв, а с практической точки зрения позволяет оптимизировать планирование полевых и лабораторных исследований, создает основу для проектирования систем дифференцированного внесения удобрений и точного земледелия. Работа основана на данных о содержании органического углерода, актуальной кислотности, плотности почв, содержания гранулометрических фракций, обменного кальция, магния и углекислоты карбонатов. В качестве объектов исследования выбраны 12 пахотных черноземов на юге Среднерусской возвышенности (Белгородская обл.). Образцы почв отбирались послойно, каждые 20 см до глубины 3 м. Для пахотных черноземов выявлена слабая степень скоррелированности исследованных свойств между собой. Наименее скоррелированными с другими почвенными свойствами являются плотность почвы, содержание органического углерода, содержание гранулометрических фракций 0,25–0,05 мм, 0,01–0,005 мм. Корреляция между содержанием углекислоты карбонатов и рН наблюдается только для аккумулятивно-карбонатного и переходного к нему горизонтов. Наибольшим числом корреляций между различными почвенными свойствами характеризуется подпахотная часть гумусового горизонта и верхняя часть переходного к аккумулятивно-карбонатному горизонту. Наименьшее количество корреляций между почвенными свойствами отмечено для глубин 80–100 см. Сравнение коэффициентов вариации одних и тех же свойств, но рассчитанных для одного и того же разреза (т. е. вариация внутри профиля) и для одних и тех же глубин, но из разных разрезов (т. е. латеральная вариация), показало, что большая внутривертикальная вариация, чем латеральная, наблюдается для содержания органического углерода, кальция и магния.

**Ключевые слова:** педометрика, органическое вещество почв, агрохимические свойства, Белгородская область

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.9

### ВВЕДЕНИЕ

Почва является сложной многокомпонентной системой, обладающей целым рядом свойств, необходимых для нормального функционирования природной среды, и обеспечивающих благополучие человечества [Amundson et al., 2015; Добровольский, Никитин, 1990]. Иногда почва воспринимается, особенно не специалистами, как некое статичное, «неповоротливое» во времени и пространстве тело. Между тем все больше специальных почвенных исследований нацеливается на познание почвы как динамичной системы с не детерминированным поведением, когда, последующее пространственное и временное состояние такой системы описывается как величинами, которые могут быть предсказаны, так и случайными

[Красильников, Таргульян, 2019]. Такой взгляд на почву должен стать достоянием географической науки.

Пространственная изменчивость почв является их неотъемлемым качеством и важной существенной характеристикой. При этом выделяются различные масштабы такой изменчивости: мега-, макро-, микроструктуры почвенного покрова и «вложенные» в микроструктуры ненаправленные коротко-периодичные варьирования почвенных свойств [Княжнева и др., 2006; Сидорова, Красильников, 2007]. Проблема заключается в том, что последние в настоящий момент изучены недостаточно, хотя познание их природы и форм важно как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Поиск связей между различными почвенными свойствами и оценка уровня их варьирования имеют важное фундаментальное значение для понимания сущности функционирования почв и динамичности их связи с факторами почвообразования. Можно также отметить, что в условиях широкого развития методов дистанционного исследования почв и картографирования содержания органического углерода в почвах по данным их отражательной способности [Ladoni et al., 2010; Чинилин, Савин, 2018], обоснование и количественная характеристика связей между содержанием органического углерода и различными почвенными свойствами раскрывает возможности оперативного создания целого ряда карт. С практической точки зрения анализ особенностей варьирования свойств почв в пространстве позволяет оптимизировать планирование полевых и лабораторных исследований, создает основу для точного земледелия, проектирования систем дифференцированного внесения удобрений и др. Решение таких прикладных задач, как повышение плодородия почв, оценка опасности накопления в них загрязняющих веществ, способности почвенного покрова к самоочищению, становится более эффективным и быстрым, когда выявляются корреляционные связи и уровни варьирования контролируемых почвенных свойств – содержания органического углерода, физической глины и ила, плотности почв, ее актуальной кислотности и др. [Геннадиев, Пиковский, 2007; Bünemann et al., 2018]. Перечисленные свойства в той или иной степени взаимосвязаны друг с другом [Безуглова, Юдина, 2006; Murphy, 2015; Rasmussen et al., 2018; Fukumasu et al., 2022]. Так, показано, что содержание органического углерода в почвах обладает высокой степенью связанности с содержанием илистой фракции и физической глины для целого ряда почв [Безуглова, Юдина, 2006; Murphy, 2015; Schimel et al., 1994; Wagner et al., 2007]. В работе [Rasmussen et al., 2018] говорится о связи между актуальной кислотностью и органическим углеродом, содержанием углекислоты карбонатов. Содержание различных гранулометрических фракций зачастую обладает высокой степенью корреляции друг с другом [Шеин, 2009; Zhang et al., 2022].

Вместе с тем большая многофакторность изменчивости свойств почв во времени и пространстве, различия в характерном времени установления климатического состояния для разных почвенных свойств, региональная специфичность сочетания условий почвообразования значительно усложняют поиск взаимосвязи между почвенными свойствами [Княжева и др., 2006; Сидорова, Красильников, 2007; Красильников, Таргульян, 2019].

Цель данного исследования – выявление, анализ и интерпретация корреляционных связей между базовыми почвенными свойствами: содержанием органического углерода, актуальной кислотностью, плотностью почвы, содержанием гранулометрических фракций (1–0,25; 0,25–0,05; 0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001; <0,001 и <0,01 мм), обменного кальция, магния и углекислоты карбонатов, а также оценка их латерального и вертикального варьирования. В качестве объектов исследования выбраны пахотные черноземы юга Среднерусской возвышенности (Белгородская обл.). Образцы почв отбирались послойно, каждые 20 см до глубины 3 м. Особенность данного исследования заключается в поиске корреляционных связей не только для поверхностных, но и для более глубоких горизонтов почв. На двух ключевых участках было заложено по шесть почвенных разрезов на пашнях. Наша гипотеза состоит в том, что корреляционные связи между одними и теми же свойствами, но выявляемые для разных глубин, могут быть разной степени выраженности.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования проведены в Белгородской области на участках «Бондарев» (Краснояржский р-н) и «Приветный» (Вейделевский р-н), расположенных в пределах наиболее влажной («Бондарев», гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) равен 1,24) и наиболее сухой («Приветный», ГТК = 1,02) лесостепи юга Среднерусской возвышенности (рис. 1). Расстояние между участками составляет около 250 км.

Каждый из участков заложен на ровной водораздельной поверхности, включает пашню и, в центральной части участка, лесополосу. На полях в условиях неорошаемого земледелия проводится традиционное выращивание зерновых сельскохозяйственных культур, на обоих участках используется сходная система обработки почвы. Древесный состав лесополос участков одинаков – преобладает ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), встречаются вяз малый (*Ulmus minor*) и клен ясенелистный (*Acer negundo*), возраст деревьев составляет 60–65 лет. Ширина лесополосы на участке «Бондарев» равна 40 м, состоит из 12 сдвоенных рядов деревьев; на участке «Приветный» – 30 м, представлена семью рядами деревьев. Грунтовые воды в обоих случаях залегают на глубинах более 6 м. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными тяжелыми суглинками на участке «Бондарев» и карбонатными лессовидными легкими глинами на участке «Приветный».

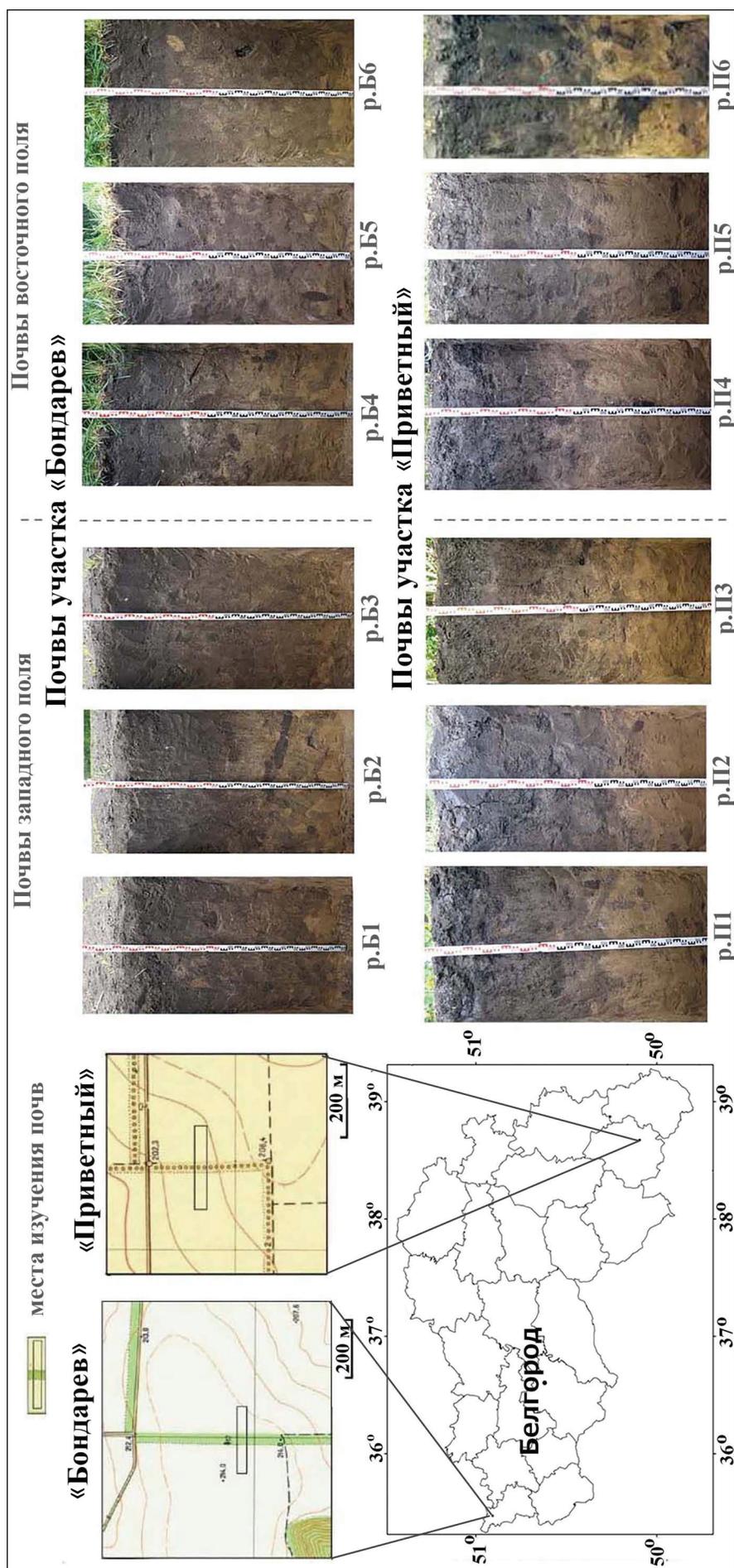


Рис. 1. Расположение участков «Бондарев», «Приветный» и профили исследованных почв  
 Fig. 1. Location of the “Bondarev” and “Privetnyy” sites and photographs of the soils studied

Полевое опробование почв проведено на пашне, расположенной к западу и востоку от лесополосы на удалении 10 м (разрезы 3 (к западу от лесополосы) и 4 (к востоку от лесополосы)), 30 м (разрезы 2 и 5) и 60 м (разрезы 1 и 6) от ее краев. Почвы участков «Бондарев» и «Приветный» (см. рис. 1) представлены черноземами пахотными типичными среднемоющими. Средняя мощность гумусового горизонта черноземов участка «Бондарев» составляет 68 см при коэффициенте вариации 36,6%, для черноземов участка «Приветный» – 70,7 см при коэффициенте вариации 24,8%. Глубина обнаружения вторичных карбонатов – 56 см на участке «Бондарев» (коэффициент вариации 18,2%), 49 см на участке «Приветный» (коэффициент вариации 16,6%). Особенностью почв является их сильная перерытость почвенными животными (слепышами), диагностируемая по большому количеству кротовин в профиле как прямых, так и обратных. Максимальное количество кротовин приурочено к глубинам 80–140 см на участке «Бондарев» и 60–120 см на участке «Приветный».

В сертифицированной лаборатории ФГБУ ЦАС «Белгородский» были выполнены следующие виды анализов: определение содержания органического углерода почв по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), определение значений актуальной кислотности потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85), гранулометрического состава методом пипетки с предварительной диспергацией пробы пиррофосфатом натрия (ГОСТ 12536-2014); количество эквивалентов кальция (в ммоль/100 г) определялось согласно ГОСТ 26487-85, эквивалентов магния – согласно ГОСТ 26487-85. Углерод карбонатов определялся хроматографически через час после начала реакции почвенной навески с 10% раствором HCl, прилитой в избытке в сосуды, плотно закрытые резиновыми пробками. Плотность почвы, количество эквивалентов кальция и магния были определены для образцов, отобранных каждые 20 см с глубин 0–200 см, гранулометрический состав – с глубин 0–220 см, содержание органического углерода, pH и углекислоты карбонатов – для образцов с глубин 0–300 см. Таким образом, в основу расчетов для каждого участка положены данные о содержании органического углерода, pH почв и углекислоты карбонатов для 90 образцов (т. е. всего проанализировано 180 образцов на двух участках), количества эквивалентов кальция, магния, плотности – для 60 образцов, содержания различных гранулометрических фракций – для 66 образцов.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistica. Проверены гипотезы о нормальности распределения данных по свойствам почв (на основании критериев Шапиро–

Уилка и Колмогорова–Смирнова), выполнен корреляционный анализ ( $p = 0,01$ ) между различными свойствами почв, определенных для образцов, отобранных с глубин 0–200 см. Для оценки значимости различий средних использовался критерий Краскела–Уоллиса. Методом главных компонент определено положение исследованных почв участков в многомерном пространстве почвенных свойств (каждый разрез охарактеризован 69 показателями – данными о содержании различных гранулометрических фракций, органического углерода, pH и др. для разных глубин). Проведены расчеты значений таксономических расстояний между исследованными почвами на основании их физических, химических и физико-химических свойств с предварительным выполнением их линейным нормированием (от 0 до 1), согласно стандартной методике [Minasny et al., 2009].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Анализ сравнения средних, главных компонент и таксономических расстояний между почвами ключевых участков «Бондарев» и «Приветный».* Проверка частот распределения значений почвенных свойств на нормальность показывает, что нормальному закону подчиняются только данные о содержании крупной, мелкой пыли, илистой фракции, физической глины для почв участка «Приветный», содержания средней и мелкой пыли, кальция в почвах участка «Бондарев». Поэтому для оценки достоверности различия свойств почв исследованных участков использовался критерий Краскела–Уоллиса.

Согласно результатам анализа сравнения средних, почвы участков «Бондарев» и «Приветный» достоверно отличаются друг от друга по всем свойствам, за исключением щелочно-кислотных характеристик, содержания крупного песка и средней пыли – несмотря на близость морфологического строения почв участков и их одинаковое таксономическое положение. Следовательно, оценка вариабельности свойств почв, выявление особенностей корреляции различных почвенных свойств между собой должно быть основано на расчетах по каждому отдельному участку, без объединения данных в одну выборку (объединение в одну выборку возможно только для значений pH, содержания крупного песка и средней пыли). Положение почв ключевых участков в пространстве главных компонент (рис. 2) также свидетельствует о необходимости проведения анализа для разных групп отдельно.

Почвы участков «Бондарев» и «Приветный» расположены по разные стороны от оси ординат в пространстве главных компонент; первая ось объясняет 62,3% дисперсии, вторая – 9,3%. Наибольшие

коэффициенты корреляции ( $p = 0,01$ ) с первой осью имеют значения содержания физической глины и илистой фракции. Значимая корреляция ( $p = 0,01$ ) отмечена для всех глубин, значения коэффициентов варьируют от 0,89 до 0,96%. Со второй осью значимая корреляция ( $p = 0,01$ ) наблюдается с содержанием органического углерода в почвах на глубинах

60, 80 и 160 см, значениях рН на глубине 120 см и физической глины на глубине 160 см. Таким образом, основные отличия между почвами участков заключаются в гранулометрическом составе почв. Почвы участка «Приветный» расположены на большем удалении друг от друга в пространстве главных компонент, следовательно, они более контрастны.

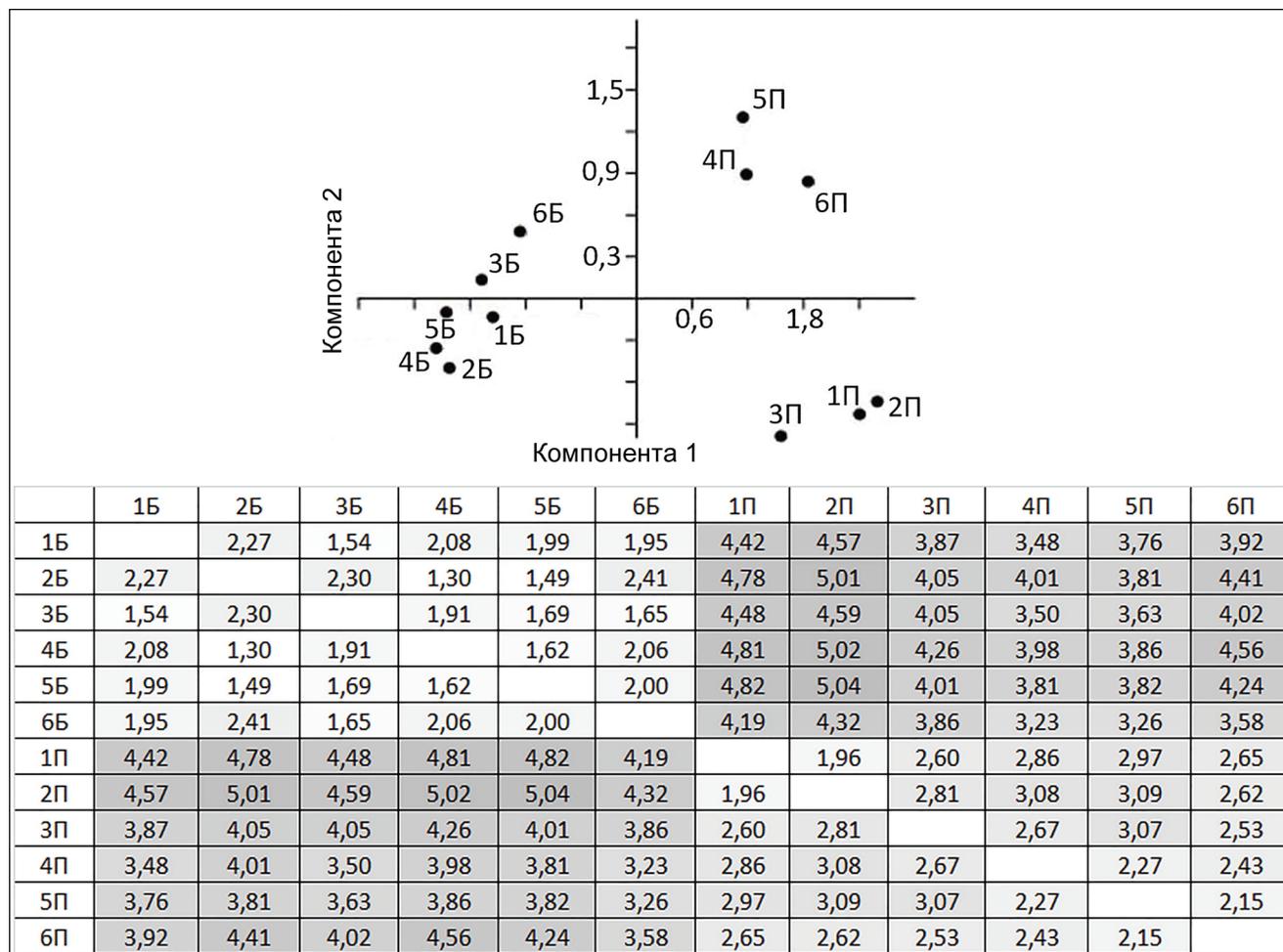


Рис. 2. Положение исследованных почв в пространстве первых двух главных компонент и таблица таксономических расстояний между почвами (номера разрезов с литерой Б соответствуют почвам участка «Бондарев», П – участка «Приветный»)

Fig. 2. Location of the studied soils within the first two principal components and a table of taxonomic distances between soils (Б – lettered soil pits correspond to the soils of the “Bondarev” site, П – lettered – of the “Privetny” site)

Построение таблицы таксономических расстояний между почвами подтверждает большую контрастность почв участка «Приветный» по отношению друг к другу, чем участка «Бондарев» (см. рис. 2). Средние значения таксономических расстояний для последних составляют – 1,9, для почв участка «Приветный» – 2,7. Анализ таблицы таксономических расстояний показывает, что значения между парами почв, как правило, обусловлены про-

странственной близостью положения почв относительно друг друга: чем ближе друг к другу расположены почвенные разрезы, тем меньше значение таксономического расстояния между ними.

*Вертикальное варьирование почвенных свойств.* Для оценки особенностей вертикального варьирования почвенных свойств были построены графики (рис. 3), отражающие минимальные, максимальные и медианные значения содержания компонентов.

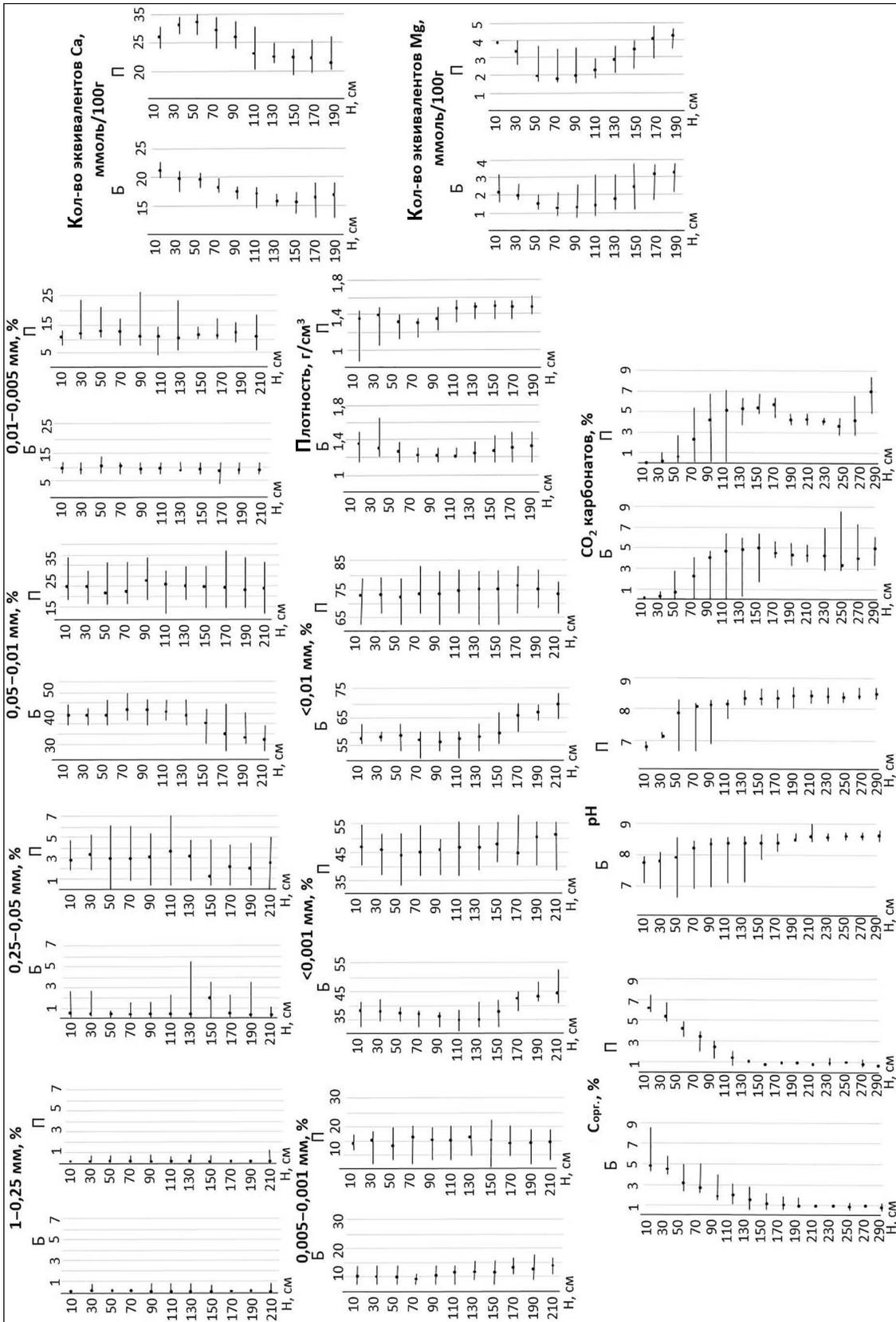


Рис. 3. Особенности вертикального варьирования свойств почв на участках «Бондарев» (Б) и «Приветный» (П). Точки на графиках соответствуют медианному значению, линии – разбросу значений (от минимального к максимальному) на данной глубине. Для каждого графика использовалась информация по всем разрезам соответствующего участка

Fig. 3. Vertical variation of soil properties within the Bondarev (B) and Privetny (P) sites. Points on the graphs correspond to the median values, the lines correspond to the range of values (from minimum to maximum) at a given depth. For each graph, information for all soil pits of the corresponding site was used

Анализ графиков позволяет, во-первых, выделить несколько типов распределения профильного варьирования свойств, во-вторых, проследить насколько одинаково происходит изменение свойств с глубиной на разных участках.

Содержание различных гранулометрических фракций в почвах слабо дифференцировано по глубине на участке «Приветный». Наблюдается увеличение содержания илистой фракции и физической глины в почвах участка «Бондарев» на глубине более 150 см, по-видимому, за счет неоднородности почвообразующих пород. Разброс значений содержания различных гранулометрических фракций выше на участке «Приветный», чем на участке «Бондарев», что и обуславливает большие значения таксономических расстояний для этих почв, их менее компактное расположение в пространстве главных компонент в сравнении с почвами участка «Бондарев». В обоих случаях при низком содержании песчаной фракции наблюдается максимальное варьирование ее содержания в пределах почв.

Как на участке «Бондарев», так и на участке «Приветный», наименьшие медианные значения плотности приходятся на среднюю часть профиля – приблизительно с 50 до 100 см, на которую не оказывает воздействие сельскохозяйственная техника (в отличие от верхнего горизонта 0–50 см) и где содержание карбонатов довольно низкое; повышенные значения плотности в нижней части почвенного профиля могут быть обусловлены более высоким содержанием здесь тонких почвенных фракций и наличием карбонатов, заполняющих поры [Alexander, 1980].

Характер изменения химических и физико-химических свойств почв с глубиной для участков «Бондарев» и «Приветный» сходен (см. рис. 3). Особенностью вертикального варьирования содержания органического углерода является сочетание высоких медианных значений с большим разбросом значений – тенденция отмечается в верхней части профиля; и, наоборот, малым разбросом значений при низком содержании органического углерода – в нижней части профиля. При этом наибольшие коэффициенты варируемости (более 20%) приходятся на глубины 80–120 см на участке «Приветный» и 120–160 см на участке «Бондарев»; эти глубины соответствуют максимальному скоплению в профиле кротовин. Вероятно, зоогенный фактор способствует увеличению неоднородности свойств почв [Wilkinson et al., 2009].

При очень небольшом варьировании значений рН (коэффициент вариации меньше 5,5%) для них наблюдается обратная, чем для органического углерода, картина – чем выше значения рН, тем меньше разброс значений (характерно для нижней части профиля почв), и наоборот. Для содержания углекислоты карбонатов минимальный разброс значений наблюдается для глубин 160–220 см; таким образом глубины, на

которых наблюдается минимальный разброс значений рН и карбонатов, совпадают. Количество эквивалентов кальция и магния в верхней части профиля (до 50 см) характеризуется меньшим разбросом значений, чем на больших глубинах; для магния характерна большая варируемость, чем для кальция. Согласно коэффициентам вариации, рассчитанным для каждого почвенного свойства в выборках, соответствующих почвам ключевых участков, выделяется следующий ряд свойств (от наименьших коэффициентов к наибольшим): рН – содержание илистой фракции – кальция – физической глины – фракции 0,05–0,01 мм (для участка «Бондарев») и магния (для участка «Приветный») – углерода – содержания пылеватых фракций (за исключением фракции 0,05–0,01 мм участка «Бондарев»), магния (участок «Бондарев») – и песка (1–0,05 мм).

В таблицах 1 и 2 приведены значения коэффициентов вариации почвенных свойств, рассчитанные для каждого исследуемого разреза по отдельности. Несмотря на очень низкие содержания фракции 1,0–0,25 мм в почвах, коэффициенты вариации этого свойства достаточно высоки; и наоборот, при высоком разбросе значений илистой фракции и высоких абсолютных значениях их содержания коэффициенты вариации наименьшие. Наиболее стабильными в пределах почв являются значения плотности, рН, содержание физической глины и илистой фракции. Ожидаемо наиболее высокая вариация в пределах профиля наблюдается для содержания органического углерода и углекислоты карбонатов. Данные тенденции характерны для обоих участков.

Сравнение коэффициентов вариации одних и тех же свойств, но рассчитанных для одного и того же разреза (т. е. вариация внутри профиля) и для одних и тех же глубин, но из разных разрезов (т. е. латеральная вариация), показало, что большая внутрипрофильная вариация, чем латеральная, наблюдается для содержания органического углерода, кальция и магния на обоих участках. На участке «Бондарев», большей внутрипрофильной вариацией характеризуются, кроме того, содержание фракций 1–0,25, 0,05–0,01, 0,01–0,005, 0,005–0,001, <0,001, <0,01 мм, рН; для участка «Приветный» – углекислоты карбонатов, рН и содержания гранулометрических фракций 1–0,25, 0,05–0,01, 0,01–0,005, 0,005–0,001, <0,001, <0,01 мм. Таким образом, в целом наблюдается большая схожесть свойств почв, отобранных с одинаковых глубин, но из разных почвенных разрезов (расстояния между разрезами от 20 до 160 м), чем из одного и того же разреза, но отобранных с разных глубин. Этот вывод не является универсальным и справедливым для всех физико-географических условий. Возможна и обратная ситуация, и приблизительно равенство. Результаты такого типа сопоставления могут быть специфической характеристикой строения почвенного покрова в разных природных условиях.

*Корреляция между свойствами почв для разных глубин.* На рисунках 4 и 5 отмечены статистически значимые корреляционные связи между различными почвенными свойствами на определенных глубинах (0–20, 20–40 см и т. д.), цифрами над скобками указаны значения коэффициентов корреляции (КК). Наибольшее количество корреляций между разными почвенными свойствами (11–15 из возможных 78) наблюдаются для глубин 20–40, 40–60, 60–80 и 100–120 см для участка «Бондарев» и 0–20, 20–40, 40–60 см для участка «Приветный»; таким образом,

свойства подпахотной части гумусового горизонта и верхней части переходного к аккумулятивно-карбонатному в обоих случаях оказались наиболее скоррелированы друг с другом. Вероятно, выше и ниже этих глубин корреляции подавляются автономно функционирующими антропогенным и литогенным факторами [Тишкина, Иванова, 2010; Жидкин и др., 2016], что подтверждается в том числе наименьшим количеством корреляций между почвенными свойствами на глубинах 80–100 и 160–180 см участка «Бондарев» и 120–200 см для участка «Приветный».

Таблица 1

**Значения коэффициентов вариации, рассчитанные для каждого разреза участка «Бондарев», %**

Свойство		Разрезы						Минимум	Максимум
		1	2	3	4	5	6		
Содержание фракции	1–0,25	67,1	39,3	40,2	3,8	51,4	34,8	3,8	67,1
	0,25–0,05	114,2	148,1	166,1	109,1	118,5	91,8	91,8	166,1
	0,05–0,01	14,8	16,0	12,4	12,8	11,9	9,1	9,1	16,0
	0,01–0,005	11,8	23,2	10,4	16,6	11,3	12,8	10,4	23,2
	0,005–0,001	20,7	16,6	19,9	23,3	21,7	15,1	15,1	23,3
	<0,001	9,7	8,7	8,5	12,7	8,8	6,5	6,5	12,7
	<0,01	8,9	9,0	7,6	10,0	8,1	5,9	5,9	10,0
Содержание С <sub>орг</sub>		70,7	88,6	72,0	76,8	69,6	70,5	69,6	88,6
Значения pH		2,8	3,8	3,3	3,4	2,8	3,3	2,8	3,8
Кол-во эквивалентов Са		14,8	12,0	13,1	10,6	9,3	11,6	9,3	14,8
Кол-во эквивалентов Mg		38,3	25,7	48,3	48,9	38,6	35,5	25,7	48,9
Содержание CO <sub>2</sub> карбонатов		49,9	65,6	41,9	57,1	53,9	48,7	41,9	65,6
Плотность почвы		5,3	7,5	6,7	9,8	5,1	6,2	5,1	9,8

Таблица 2

**Значения коэффициентов вариации, рассчитанные для каждого разреза участка «Приветный», %**

Свойство		Разрез						Минимум	Максимум
		1	2	3	4	6	8		
Содержание фракции	1–0,25	48,4	38,8	282,0	70,8	57,4	114,7	38,8	282
	0,25–0,05	54,8	48,2	56,8	61,5	57,1	94,9	48,2	94,9
	0,05–0,01	22,8	28,9	11,5	22,8	15,0	21,7	11,5	28,9
	0,01–0,005	19,3	16,8	30,2	50,5	26,2	37,0	16,8	50,5
	0,005–0,001	21,8	27,5	26,2	36,9	13,7	18,0	13,7	36,9
	<0,001	6,9	4,6	11,9	12,6	7,5	8,6	4,6	12,6
	<0,01	5,0	6,5	4,5	8,8	4,9	6,8	4,5	8,8
Содержание С <sub>орг</sub>		92,1	92,6	90,8	85,6	85,0	79,4	79,4	92,6
Значения pH		8,6	7,4	6,8	8,4	6,8	6,5	6,5	8,6
Кол-во эквивалентов Са		20,3	26,1	18,0	22,1	20,5	18,0	18	26,1
Кол-во эквивалентов Mg		35,6	41,9	38,8	43,1	40,6	37,4	35,6	43,1
Содержание CO <sub>2</sub> карбонатов		68,1	60,4	70,4	63,8	75,1	77,2	60,4	77,2
Плотность почвы		6,0	6,2	8,0	6,4	5,7	6,4	5,7	8,0

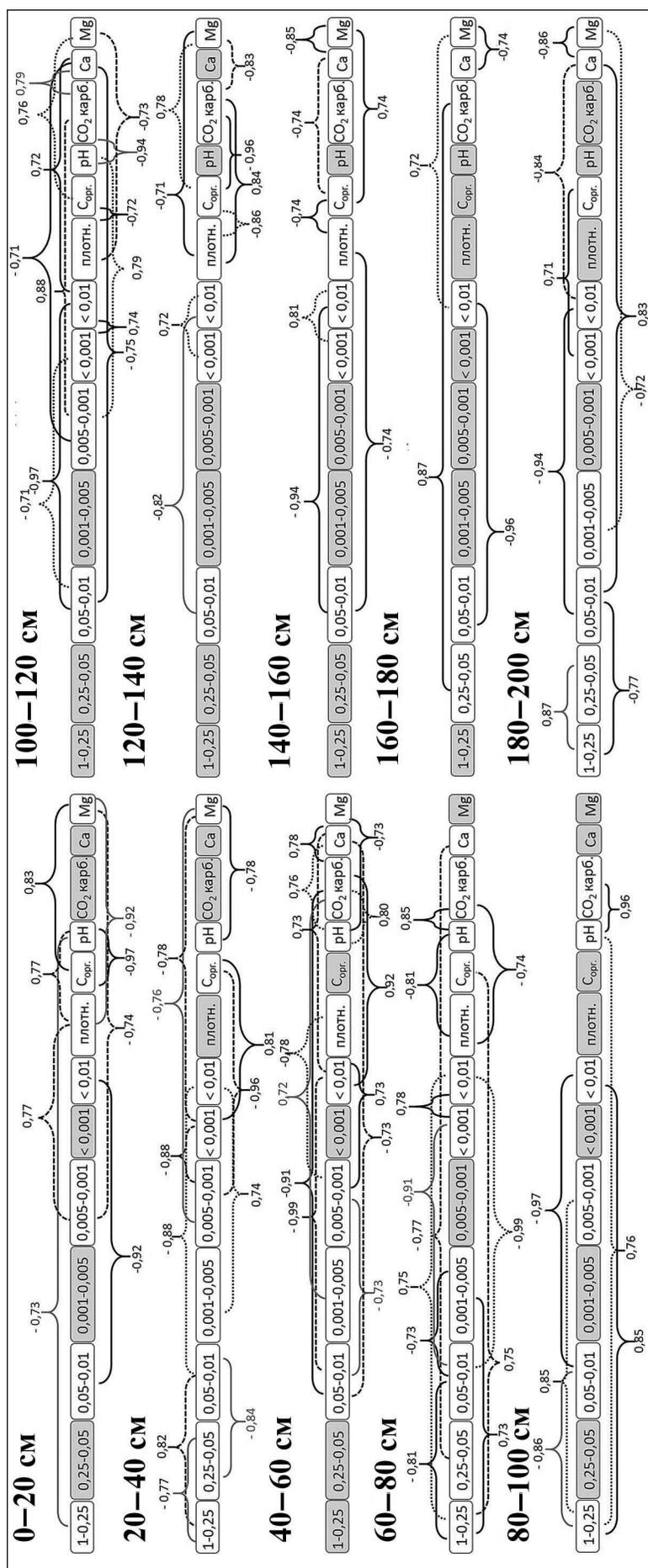


Рис. 4. Корреляции между почвенными свойствами на разных глубинах почв участка «Бондарев». Скобками показано наличие корреляций, числом отмечены значения коэффициентов корреляций. Серым цветом выделены свойства, для которых отсутствует корреляция с другими свойствами на данной глубине

Fig. 4. Correlations between soil properties at different soil depths within the "Bondarev" site. The parentheses show the presence of significant correlations, the numbers are for the values of the correlation coefficients. Gray color indicates properties for which there is no correlation with other properties at a given depth

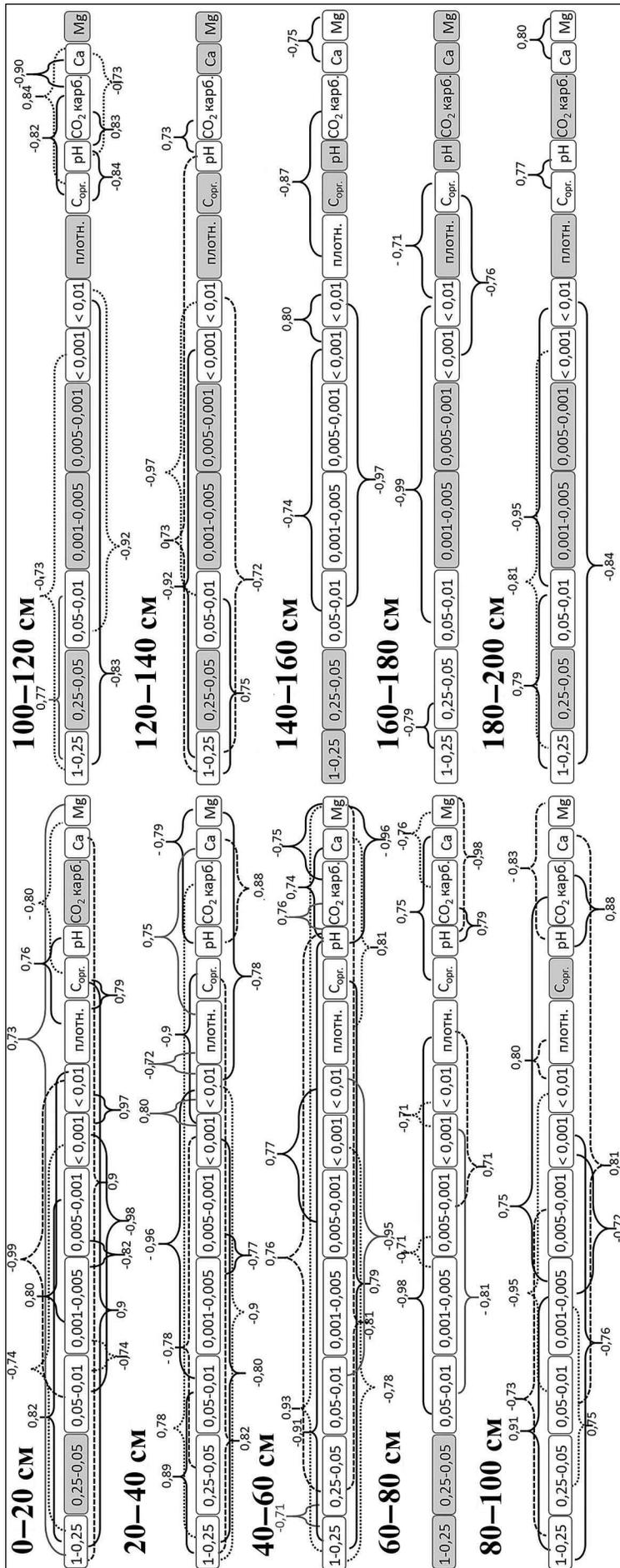


Рис. 5. Корреляции между почвенными свойствами на разных глубинах почв участка «Приветный». Скобками показано наличие корреляций, числом отмечены значения коэффициентов корреляций. Серым цветом выделены свойства, для которых отсутствует корреляция с другими свойствами на данной глубине

Fig. 5. Correlations between soil properties at different soil depths within the "Privetnyy" site. The parentheses show the presence of significant correlations, the numbers are for the values of the correlation coefficients. Gray color indicates properties for which there is no correlation with other properties at a given depth

В таблицах 3 и 4 приведены значения частоты корреляций между различными почвенными свойствами для обоих ключевых участков. Например, значение 20 показывает, что корреляция между рассматриваемыми свойствами наблюдается только на одной из 10 исследованных глубин. В целом мы видим слабую степень скоррелированности почвенных свойств; исключение составляет лишь содержание фракции 0,05–0,01 и <0,01 мм для обоих участков (КК от –0,82 до –0,98), <0,001 и 1–0,25 мм (КК от –0,81 до –0,95), 0,05–0,01 (КК от –0,72 до

–0,99) для участка «Приветный» – корреляция наблюдается практически на всех исследованных глубинах. Выявленная корреляция обусловлена тем, что сумма фракций <0,01 и 0,05–0,01 мм близка к 100% для исследованных пахотных черноземов за счет низкого содержания фракции размером более 0,05 мм. В целом для почв обоих участков наименее скоррелированными с другими почвенными свойствами являются плотность почв, содержание органического углерода, содержание гранулометрических фракций 0,25–0,05, 0,01–0,005 мм.

Таблица 3

**Частота наличия значимых корреляций между свойствами почв участка «Бондарев»**

	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01	Плотность	C <sub>орг</sub>	pH	CO <sub>2</sub> карб.	Ca	Mg
1–0,25		20	20	20	10	0	20	0	10	20	0	0	0
0,25–0,05	20		10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0
0,05–0,01	20	10		0	20	30	100	10	0	0	10	30	0
0,01–0,005	20	0	0		0	0	20	0	0	0	10	10	10
0,005–0,001	10	0	20	0		0	10	0	0	0	10	0	10
<0,001	0	0	30	0	0		10	0	20	0	0	0	0
<0,01	20	0	100	20	10	10		0	0	0	10	10	10
Плотность	0	0	10	0	0	0	0		10	20	20	0	20
C <sub>орг</sub>	10	0	0	0	0	20	0	10		10	10	10	30
pH	20	0	0	0	0	0	0	20	10		40	10	20
CO <sub>2</sub> карб.	0	10	10	10	10	0	10	20	10	40		10	0
Ca	0	10	30	10	0	0	10	0	10	10	10		30
Mg	0	0	0	10	10	0	10	20	30	20	0	30	

Таблица 4

**Частота наличия значимых корреляций между свойствами почв участка «Приветный»**

	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01	Плотность	C <sub>орг</sub>	pH	CO <sub>2</sub> карб.	Ca	Mg
1–0,25		20	30	20	30	70	40	0	30	20	0	10	20
0,25–0,05	20		0	10	10	10	0	0	0	10	0	0	0
0,05–0,01	30	0		0	0	60	70	0	0	0	0	0	0
0,01–0,005	20	10	0		30	20	10	0	0	0	10	0	0
0,005–0,001	30	10	0	30		0	10	10	0	0	0	0	0
<0,001	70	10	60	20	0		40	0	10	0	0	0	0
<0,01	40	0	70	10	10	40		0	0	10	10	20	0
Плотность	0	0	0	0	10	0	0		0	0	0	0	0
C <sub>орг</sub>	30	0	0	0	0	10	0	0		10	10	30	0
pH	20	10	0	0	0	0	10	0	10		50	30	40
CO <sub>2</sub> карб.	0	0	0	10	0	0	10	0	10	50		20	10
Ca	10	0	0	0	0	0	20	0	30	30	20		20
Mg	20	0	0	0	0	0	0	0	0	40	10	20	

Несмотря на частое указание в литературе на наличие корреляций между значениями pH и содержанием углекислоты карбонатов [Kunhikrishnan et al., 2011; He et al., 2021], такая корреляция (КК от 0,73 до 0,96) наблюдается только для четырех глубин из 10 для участка «Бондарев» (для глубин 40–100 см) и пяти для участка «Приветный» (40–120 см), т. е. только для переходного к аккумулятивно-карбонатному и аккумулятивно-карбонатного горизонтов, что логично и объясняется прямой генетической зависимостью параметров данных свойств от состояния данных горизонтов. Содержание органического углерода обладает значимой корреляцией с содержанием илистой фракции только на глубине 20–40 и 180–200 см для участка «Бондарев» и ни для одной из глубин для участка «Приветный». Для почв участка «Приветный» выявлено больше корреляционных связей между различными почвенными свойствами, чем для участка «Бондарев». Для этих же почв характерна большая вариабельность значений свойств почв и большая контрастность почв по отношению друг к другу – как по результатам расчета таксономических расстояний, так и по положению почв в пространстве главных компонент (см. рис. 2).

#### ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования свойств агрочерноземов юга Среднерусской возвышенности была выявлена слабая степень скоррелированности содержания различных гранулометрических фракций, органического углерода, обменных кальция, магния, углекислоты карбонатов, плотности и значений pH между собой.

Наименее скоррелированными с другими почвенными свойствами являются плотность, содержание органического углерода, содержание гранулометрических фракций 0,25–0,05, 0,01–0,005 мм. Можно предположить, что такая минимальная корреляционная связь обусловлена пространственно-временной несогласованностью изменений между свойствами почв с относительно большими (плотность, гранулометрические фракции и др.) и относительно малыми (обменные катионы, pH и др.) характерными временами. Корреляция между содержанием углекислоты карбонатов и pH наблюдается только для переходного к аккумулятивно-карбонатному и аккумулятивно-карбонатного горизонтов, что логично и объясняется прямой генетической зависимостью параметров этих свойств от состояния данных горизонтов.

Наибольшим числом корреляций между различными почвенными свойствами характеризуются образцы, отобранные с глубин 40–60 см (подпахотная часть гумусового горизонта и переходный к аккумулятивно-карбонатному горизонту); вероятно выше и ниже этих глубин корреляции подавляются автономно функционирующими антропогенным и литогенным факторами, что подтверждается в том числе наименьшим количеством корреляций между почвенными свойствами на глубинах 80–100 и 160–180 см участка «Бондарев» и 120–200 см для участка «Приветный».

Ни для одной из глубин не была выявлена статистически значимая корреляция между: содержанием фракции 1–0,25 мм и углекислотой карбонатов; между содержанием фракции <0,001 мм и плотностью почвы, значениями pH, содержанием углекислоты карбонатов, обменных кальция и магния; между содержанием органического углерода и содержанием фракций от 0,025 до 0,001 и <0,01 мм; между значениями pH и содержанием всех фракций менее 0,05 мм (за исключением фракции <0,01 мм); между плотностью почвы и содержанием фракций от 1 до 0,05, 0,01–0,05, <0,01 и <0,001 мм; выявленные особенности объяснимы большой опосредованностью влияния названных свойств друг на друга.

Сравнение коэффициентов вариации одних и тех же свойств, рассчитанных для одного и того же разреза (т. е. вариация внутри профиля), и для одних и тех же глубин, но из разных разрезов (т. е. латеральная вариация), показало, что большая внутрипрофильная вариация по сравнению с латеральной наблюдается для содержания органического углерода, кальция и магния. На участке «Бондарев», большей внутрипрофильной вариацией характеризуются, кроме того, содержание фракций 1–0,25, 0,05–0,01, 0,01–0,005, 0,005–0,001, <0,001, <0,01 мм, pH; для участка «Приветный» – углекислоты карбонатов, pH и содержания гранулометрических фракций 1–0,25, 0,05–0,01, 0,01–0,005, 0,005–0,001, <0,001, <0,01 мм. Таким образом, наблюдается большее сходство свойств почв, отобранных с одинаковых глубин, но из разных почвенных разрезов (расстояния между разрезами от 20 до 160 м), чем из одного и того же разреза, но отобранных с разных глубин. Чем выше вариабельность свойств почв, тем почвы контрастнее по отношению друг к другу.

Следующей задачей исследования должна быть проверка универсальности сделанных выводов на основе использования других объектов.

*Благодарность.* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-17-00056-П.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безуглова О.С., Юдина Н.В. Взаимосвязь физических свойств и гумусированности в черноземах юга Европейской России // Почвоведение. 2006. № 2. С. 211–219.
- Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления // Почвоведение. 2007. № 1. С. 80–92.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Почва в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
- Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Чендев Ю.Г. Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 3. С. 9–17.
- Княжева Е.В., Надежкин С.М., Фрид А.С. Пространственная неоднородность уровня плодородия выщелоченного чернозема в пределах поля // Почвоведение. 2006. № 9. С. 1120–1129. DOI: 10.1134/S1064229306090110.
- Красильников П.В., Таргульян В.О. На пути к «новой географии почв»: вызовы и решения (обзор) // Почвоведение. 2019. № 2. С. 131–139.
- Сидорова В.А., Красильников П.В. Почвенно-географическая интерпретация пространственной вариабельности химических и физических свойств поверхностных горизонтов почв степной зоны // Почвоведение. 2007. № 10. С. 1168–1178. DOI: 10.1134/S106422930710002X.
- Тишкина Э.В., Иванова Н.Н. Почвенный покров распаханых и целинных прибалочных склонов (Курская область) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2010. № 6. С. 73–79.
- Чинилин А.В., Савин И.Ю. Крупномасштабное цифровое картографирование содержания органического углерода почв с помощью методов машинного обучения // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. № 91. С. 46–62.
- Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // Почвоведение. 2009. № 3. С. 309–317.
- Alexander E.B. Bulk densities of California soils in relation to other soil properties, *Soil Science Society of America Journal*, 1980, vol. 44, no. 4, p. 689–692.
- Amundson R., Berhe A.A., Hопmans J.W. et al. Soil and human security in the 21<sup>st</sup> century, *Science*, 2015, vol. 348, no. 6235, p. 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071.
- Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. et al. Soil quality – A critical review, *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 120, p. 105–125, DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
- Fukumasu J., Jarvis N., Koestel J. et al. Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties, *European Journal of Soil Science*, 2022, vol. 73, no. 1, p. e13212, DOI: 10.1111/ejss.13212.
- He L.L., Huang D.Y., Zhang Q. et al. Meta-analysis of the effects of liming on soil pH and cadmium accumulation in crops, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, vol. 223, p. 112621, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112621.
- Kunhikrishnan A., Thangarajan R., Bolan N.S. et al. Functional relationships of soil acidification, liming, and greenhouse gas flux, *Advances in agronomy*, 2016, vol. 139, p. 1–71, DOI: 10.1016/bs.agron.2016.05.001.
- Ladoni M., Bahrami H.A., Alavipanah S.K., Norouzi A.A. Estimating soil organic carbon from soil reflectance: a review, *Precision Agriculture*, 2010, vol. 11, p. 82–99, DOI: 10.1007/s11119-009-9123-3.
- Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base, *Geoderma*, 2010, vol. 155, p. 132–139, DOI: 10.1016/j.geoderma.2009.04.024.
- Murphy B.W. Impact of soil organic matter on soil properties – a review with emphasis on Australian soils, *Soil Research*, 2015, vol. 53, no. 6, p. 605–635, DOI: 10.1071/SR14246.
- Rasmussen C., Heckman K., Wieder W.R. et al. Beyond clay: towards an improved set of variables for predicting soil organic matter content, *Biogeochemistry*, 2018, vol. 137, p. 297–306, DOI: 10.1007/s10533-018-0424-3.
- Schimel D.S., Braswell B.H., Holland E.A. et al. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils, *Global Biogeochemical Cycles*, 1994, vol. 8(3), p. 279–293, DOI: 10.1029/94GB00993.
- Wagner S., Cattle S.R., Scholten T. Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2007, vol. 170(1), p. 173–180, DOI: 10.1002/jpln.200521732.
- Wilkinson M.T., Richards P.J., Humphreys G.S. Breaking ground: Pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation, *Earth-Science Reviews*, 2009, vol. 97, p. 254–269, DOI: 10.1016/j.earsci-rev.2009.09.005.
- Zhang H., Wang C., Chen Z. et al. Performance Comparison of Different Particle Size Distribution Models in the Prediction of Soil Particle Size Characteristics, *Land*, 2022, vol. 11, no. 11, p. 2068, DOI: 10.3390/land11112068.

Поступила в редакцию 23.04.2023

После доработки 15.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## CORRELATION AND VARIABILITY OF SOIL PROPERTIES OF ARABLE CHERNOZEMS IN THE SOUTH OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND

M.A. Smirnova<sup>1</sup>, A.N. Gennadiev<sup>2</sup>, Yu.G. Chendev<sup>3</sup>, M.V. Bocharnikov<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

<sup>3</sup> Belgorod State University, Institute of Earth Sciences, Department of nature management and land cadastre

<sup>1</sup> Department of landscape geochemistry and soil geography, Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: summerija@yandex.ru

<sup>2</sup> Department of landscape geochemistry and soil geography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: alexagenna@mail.ru

<sup>3</sup> Head of Department, D.Sc. in Geography; e-mail: chendev@bsu.edu.ru

<sup>4</sup> Department of biogeography, Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru

Search for correlations between different soil properties and assessment of their variability is important for understanding soil functioning, allows more optimal planning of field and laboratory research and creates the basis for fertilizing management and precision agriculture. This work is based on the data on the content of organic carbon, pH, bulk density, texture (fractions 1–0,25 mm; 0,25–0,05 mm; 0,05–0,01 mm; 0,01–0,005 mm; 0,005–0,001 mm and <0,001 mm and <0,01 mm), exchange calcium and magnesium carbonates for twelve sites of plowed Chernozems studied in the southern part of the Central Russian Upland (Belgorod oblast). Soil samples were taken layer by layer every 20 cm to 3 m depth. Weak correlation was revealed among studied soil characteristics of the plowed Chernozems. The least correlation with other soil characteristics is characteristic of bulk density, organic carbon content, content of fraction 0,25–0,05 mm and 0,01–0,005 mm. Correlation between the content of bicarbonates and pH values is observed only for accumulative – carbonate horizon and transition horizons. The largest number of correlations between different soil characteristics is for the non-plowed part of humus horizon and the top of transition horizon. The least amount of correlations between soil characteristics was found at depths from 80 to 100 cm. Comparison of the coefficients of variations calculated for different soil layers of a single profile (i. e. intraprofile variability) and for the same soil layers but from different profiles (i. e. lateral variability) showed that the intraprofile variability exceeds the lateral one for the organic carbon, exchangeable potassium and calcium content.

**Keywords:** pedometrics, soil organic matter, agrochemical properties, Belgorod oblast

**Acknowledgments.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project no. 19-17-00056-II).

### REFERENCES

- Alexander E.B. Bulk densities of California soils in relation to other soil properties, *Soil Science Society of America Journal*, 1980, vol. 44, no. 4, p. 689–692.
- Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W. et al. Soil and human security in the 21<sup>st</sup> century, *Science*, 2015, vol. 348, no. 6235, p. 1261071, DOI: 10.1126/science.1261071.
- Bezuglova O.S., Yudina N.V. Interrelationship between the physical properties and the humus content of chernozems in the south of European Russia, *Eurasian Soil Science*, 2006, no. 2, p. 211–219, DOI: 10.1134/S1064229306020098.
- Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. et al. Soil quality – A critical review, *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 120, p. 105–125, DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
- Chinilin A.V., Savin I.Yu. Krupnomasshtabnoe cifrovoe kartografirovanie sodержaniya organicheskogo ugleroda pochv s pomoshh'ju metodov mashinnogo obuchenija [The large scale digital mapping of soil organic carbon using machine learning algorithms], *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, no. 91, p. 46–62. (In Russian)
- Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. *Pochva v biosfere i jekosistemah (jekologicheskoe znachenie pochv)* [Soil in the biosphere and ecosystems (ecological significance of soils)], Moscow, Nauka, 1990, 261 p. (In Russian)
- Fukumasu J., Jarvis N., Koestel J. et al. Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties, *European Journal of Soil Science*, 2022, vol. 73, no. 1, p. e13212, DOI: 10.1111/ejss.13212.
- Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I. The maps of soil tolerance toward pollution with oil products and polycyclic aromatic hydrocarbons: Methodological aspects, *Eurasian Soil Science*, 2007, no. 1, p. 80–92, DOI: 10.1134/S1064229307010115.
- He L.L., Huang D.Y., Zhang Q. et al. Meta-analysis of the effects of liming on soil pH and cadmium accumulation in crops, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, vol. 223, p. 112621, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112621.
- Knyazhneva E.V., Nadezhkin S.M., Frid A.S. The spatial heterogeneity of the fertility in a leached chernozem within a field, *Eurasian Soil Science*, 2006, no. 9, p. 1120–1129, DOI: 10.1134/S1064229306090110.
- Krasilnikov P.V., Targulian V.O. Towards “New Soil Geography” Challenges and Solutions. A Review, *Eurasian Soil Science*, 2019, no. 2, p. 131–139, DOI: 10.1134/S1064229319020091.
- Kunhikrishnan A., Thangarajan R., Bolan N.S. et al. Functional relationships of soil acidification, liming, and greenhouse gas flux, *Advances in agronomy*, 2016, vol. 139, p. 1–71, DOI: 10.1016/bs.agron.2016.05.001.
- Ladoni M., Bahrami H.A., Alavipanah S.K., Norouzi A.A. Estimating soil organic carbon from soil reflectance:

- a review, *Precision Agriculture*, 2010, vol. 11, p. 82–99, DOI: 10.1007/s11119-009-9123-3.
- Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base, *Geoderma*, 2010, vol. 155, p. 132–139, DOI: 10.1016/j.geoderma.2009.04.024.
- Murphy B.W. Impact of soil organic matter on soil properties – a review with emphasis on Australian soils, *Soil Research*, 2015, vol. 53, no. 6, p. 605–635, DOI: 10.1071/SR14246.
- Rasmussen C., Heckman K., Wieder W.R. et al. Beyond clay: towards an improved set of variables for predicting soil organic matter content, *Biogeochemistry*, 2018, vol. 137, p. 297–306, DOI: 10.1007/s10533-018-0424-3.
- Schimel D.S., Braswell B.H., Holland E.A. et al. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils, *Global Biogeochemical Cycles*, 1994, vol. 8(3), p. 279–293, DOI: 10.1029/94GB00993.
- Shein E.V. The particle-size distribution in soils: Problems of the methods of study, interpretation of the results, and classification, *Eurasian Soil Science*, 2009, no. 3, p. 309–317, DOI: 10.1134/S1064229309030053.
- Sidorova V.A., Krasilnikov P.V. Soil-geographic interpretation of spatial variability in the chemical and physical properties of topsoil horizons in the steppe zone, *Eurasian Soil Science*, 2007, no. 10, p. 1168–1178, DOI: 10.1134/S106422930710002X.
- Tishkina E.V., Ivanova N.N. Pochvennyj pokrov raspahannyh i celinnyh pribalochnyh sklonov (Kurskaya oblast') [Soil cover of cultivated and intact slopes of the balkas in the Kursk oblast], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2010, no. 6, p. 73–79. (In Russian)
- Wagner S., Cattle S.R., Scholten T. Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2007, vol. 170(1), p. 173–180, DOI: 10.1002/jpln.200521732.
- Wilkinson M.T., Richards P.J., Humphreys G.S. Breaking ground: Pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation, *Earth-Science Reviews*, 2009, vol. 97, p. 254–269. DOI: 10.1016/j.earsci-rev.2009.09.005.
- Zhang H., Wang C., Chen Z., Kang Q., Xu X., Gao T. Performance Comparison of Different Particle Size Distribution Models in the Prediction of Soil Particle Size Characteristics, *Land*, 2022, vol. 11, no. 11, p. 2068, DOI: 10.3390/land11112068.
- Zhidkin A.P., Gennadiev A.N., Koshovskij T.S., Chendev Yu.G. Prostranstvenno-vremennye parametry lateral'noj migracii tverdogaznogo veshchestva pochv (Belgorodskaya oblast') [Spatio-temporal parameters of the lateral migration of solid-phase soil matter (Belgorod region)], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2016, no. 3, p. 9–17. (In Russian)

Received 23.04.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 24.05.2023

## ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДОСТУПНОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА РОССИИ

Н.В. Шартова<sup>1</sup>, М.Ю. Грищенко<sup>2</sup>, Т.В. Ватлина<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,  
кафедра картографии и геоинформатики

<sup>2</sup> Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН

<sup>3</sup> Смоленский государственный университет, кафедра географии

<sup>1</sup> Международная лаборатория ландшафтной экологии, ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: nshartova@hse.ru

<sup>2</sup> Факультет географии и геоинформационных технологий,  
Доц., ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

<sup>3</sup> Доц., канд. геогр. наук; e-mail: vatlina\_geo@mail.ru

Доступность медицинской помощи для населения является одним из ключевых компонентов, определяющих возможность укрепления здоровья и благополучия на как можно более раннем этапе в условиях повседневной жизни. В статье проанализирована территориальная доступность медицинских учреждений для населения на примере отдельных арктических и северных территорий России. Выбраны урбанизированные и сельские территории, находящиеся в Архангельской, Мурманской областях и Ямало-Ненецком автономном округе. Используются данные OpenStreetMap, включающие информацию о расположении лечебно-профилактических учреждений, населенных пунктов и конфигурации дорожной сети. С помощью набора инструментов Network Analyst ПО ArcGIS построены различные зоны доступности для каждого ключевого участка. Выявлено, что крупные города, расположенные на севере России, можно охарактеризовать как достаточно обеспеченные медицинской помощью с точки зрения территориальной доступности. Более актуальным является вопрос оказания специализированных видов медицинской помощи. Даже для расположенных недалеко друг от друга городов можно определить неравенство в возможностях получения специализированной помощи. Ее концентрация в отдельных центрах без учета их транспортной доступности для всех жителей региона требует дополнительных временных затрат и несет риски для населения вследствие несвоевременного обращения за медицинской помощью. Сельское население по-прежнему остается наиболее уязвимой категорией в контексте оказания медицинской помощи.

**Ключевые слова:** доступность медицинской помощи, анализ дорожного графа, пространственный анализ, Мурманская область, Архангельская область, Ямало-Ненецкий автономный округ

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.10

### ВВЕДЕНИЕ

К наиболее приоритетным сферам, связанным с сохранением здоровья населения, относится оказание качественной медицинской помощи. Система мер, принимаемая на государственном уровне, с большим или меньшим успехом позволяет улучшить доступность, качество и удовлетворенность населения медицинской помощью. Эта задача усложняется в тех регионах, где население постоянно или временно проживает в суровых погодных условиях, что подтверждается многочисленными российскими и зарубежными исследованиями в циркумполярных регионах. Сложности обусловлены проблемами развития механизма защиты от холода, включая биологическую адаптацию. Население испытывает повышенную нагрузку на организм, что сказывается на самочувствии, работоспособности и продолжи-

тельности жизни [Naman et al., 2022]. Неудовлетворительное состояние здоровья также может быть связано с низким уровнем образования, безработицей и бедностью, злоупотреблением алкоголем. Несмотря на то что эти проблемы характерны не только для северных территорий, здесь они усугубляются экстремальными условиями окружающей среды, а также дестабилизирующим воздействием быстрых социальных и культурных изменений [Oosterveer, Young, 2015]. Возникающие конфликты природопользования в зоне российской Арктики усложняют социально-экономическую ситуацию, что приводит к необходимости учета специфики региона при территориальном планировании системы здравоохранения [Евсеев и др., 2021; Рузанова, Мажинский, 2021]. Состояние здоровья населения северных регионов во многом определяется уникальными географиче-

скими, социально-экономическими и культурными барьерами при доступе к первичной и специализированной медицинской помощи.

Доступность медицинских учреждений для жителей является одним из критериев, определяющих качество оказанной медицинской помощи [Health systems..., 2022]. Системы здравоохранения в каждой из циркумполярных стран различны и сочетают в себе государственные и частные модели оказания медицинской помощи. Например, на Аляске преобладает частное медицинское страхование, в то время как Канада и Гренландия имеют национальные системы здравоохранения, финансируемые государством. В России унаследована централизованная инфраструктура системы здравоохранения. Реформа финансирования привела к замене государственных расходов личными и обязательным медицинским страхованием, получаемым за счет общих налогов и взносов на заработную плату [Chan et al., 2019]. Однако различия в системах здравоохранения, а также в уровне расходов на них не всегда коррелируют с улучшением в состоянии здоровья населения. Так, несмотря на более высокие расходы на здравоохранение на душу населения по сравнению со средним показателем по стране в 2010–2014 гг. ожидаемая продолжительность жизни в Гренландии была на 10 лет меньше для мужчин и на 5 лет меньше для женщин по сравнению с аналогичными показателями в Дании [Ellsworth, O’Keeffe, 2013].

Один из определяющих факторов распределения учреждений здравоохранения – особенности размещения населения. В России транспортная доступность медицинских учреждений обеспечивается за счет организации оказания медицинской помощи по принципу приближенности к месту жительства, месту работы или обучения для всех групп населения [Об основах..., 2022]. Конфигурация опорного каркаса северных территорий РФ отличается очаговостью и значительными расстояниями между основными скоплениями поселений [Обедков, 2018]. Хозяйственное освоение сопровождалось увеличением прежде всего доли городского населения, повышением плотности населенных пунктов вдоль основных транспортных магистралей, между которыми сохранялись обширные слабозаселенные пространства [Игловская, 2011; Pilyasov, 2020]. В пределах законодательно утвержденных территорий Крайнего Севера отсутствуют города-миллионники и крупнейшие города, а средняя плотность населения изменяется с запада на восток от 5,2 до 0,1 чел. на 1 км<sup>2</sup> [Численность населения..., 2022]. Несмотря на преобладание городов, ряд регионов включает также сельские поселения, формально относящиеся к северным территориям.

Предоставление медицинских услуг небольшому и разбросанному по обширной территории населению является одной из самых сложных задач, стоящих перед здравоохранением. Было показано, что фрагментированность службы здравоохранения, обусловленная географическим положением, создает проблемы в доступе к медицинским услугам: возникают временные задержки в лечении, наблюдается нехватка квалифицированных медицинских кадров, их высокая текучесть. Часто может возникать риск профессиональной изоляции из-за отсутствия достаточной связи с головными организациями и профессиональным сообществом [Zakariassen et al., 2019].

В большинстве северных территорий число посещений поликлинических учреждений и численность врачей выше, чем в среднем по России [Ватлина и др., 2019]. Число больничных учреждений на данных территориях с 2000 по 2020 г. сократилось более чем в 2,5 раза, амбулаторно-поликлинических – в 1,2 раза, а число фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) более чем в 1,4 раза [Экономические и социальные показатели..., 2022].

Несмотря на комплексную проблему доступности медицинской помощи, в условиях северных территорий именно географическая доступность является одним из приоритетных факторов. В связи с этим была сформулирована цель исследования – оценить территориальную доступность медицинских учреждений для населения на примере отдельных урбанизированных и сельских территорий севера России, расположенных в европейской и азиатской частях страны, и определить, насколько равный доступ имеет население рассматриваемых территорий, учитывая их географические характеристики.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа выбраны четыре ключевых участка, включающие урбанизированные зоны и прилегающие сельские или слабо урбанизированные территории севера России, находящиеся в Архангельской, Мурманской областях и Ямало-Ненецком автономном округе (рис. 1).

Среди рассматриваемых субъектов РФ самый высокий уровень урбанизации по данным на 2022 г. отмечается в Мурманской области – 92,1%; в Ямало-Ненецком автономном округе – 85,8%, а в Архангельской области – 78,7% [Численность населения..., 2022]. В связи с этим на территории Архангельской области ключевой участок включил не только города Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, Мирный, численность населения в которых составляет 55,4% от численности всего населения области, но и более крупные по площади районы

с преобладающим сельским населением – Виноградовский, Приморский, Холмогорский, Шенкурский районы [Численность населения..., 2022]. Эти территории не имеют тесной связи с Архангельском, но являются ярким примером сохранения сельского уклада, без учета которого невозможно сделать выводы об обеспеченности медицинской помощью населения на севере России.

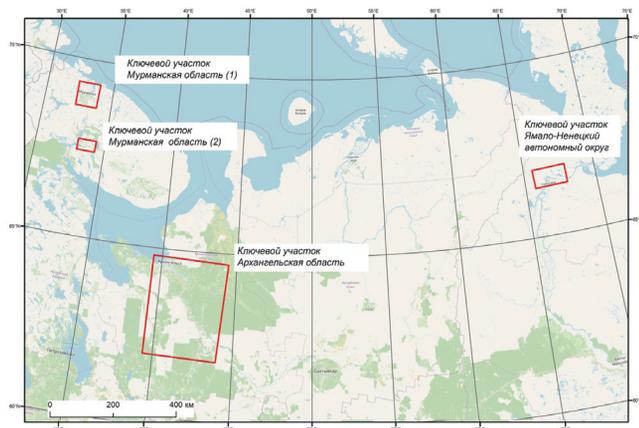


Рис. 1. Расположение ключевых участков

Fig. 1. Location of study areas

В Мурманской области выделено два ключевых участка. Первый – Мурманская агломерация, рассмотрен в административных границах Мурманска – крупнейшего заполярного города мира – и ближайших городов Североморска, Полярного, Снежногорска, Колы, Гаджиево общей площадью 4641,97 км<sup>2</sup>. Для этой агломерации характерен высокий уровень урбанизации, однако в прошлом на рассматриваемой территории было гораздо больше сельского населения, о чем свидетельствует большое количество ныне исчезающих небольших сельских населенных пунктов, сейчас практически не играющих роль в формировании расселения местного населения.

Второй участок представлен крупной индустриальной агломерацией, объединяющей города Апатиты, Кировск и прилегающие административные территории, общей площадью 1890,80 км<sup>2</sup>. Отличительной характеристикой является крайне узкая специализация местного хозяйства, направленная на добычу и переработку апатитов и фосфоритов – сырья для минеральных удобрений. Все население агломерации сосредоточено в пределах высоко урбанизированной городской территории Кировска и Апатит, фактически функционирующих как единый город и имеющих общую транспортную систему. Небольшие урбанизированные поселки Титан и Коашва также включены в нее, несмотря на их географическую удаленность. Сельское население на этой

территории фактически отсутствует, впрочем, оно не сложилось там исторически.

В азиатской части России в качестве ключевого участка выбрана агломерация городов Ямало-Ненецкого округа – Салехарда и Лабытнанги, расположенных по разным берегам Оби. К ней тяготеют ближайший крупный поселок Харп и центр Приуралья Аксарка. Площадь ключевого участка составляет 5726,42 км<sup>2</sup>. Спецификой этой агломерации является ее выраженная административная и транспортная специализация; Салехард и Лабытнанги играют роль опорных пунктов освоения Нижней Оби и Ямала. Районный центр Аксарка имеет статус сельского населенного пункта, но структура застройки характеризуется смешанным сельско-городским видом с преобладанием последнего. Поселок Харп фактически является урбанизированным поселком-спутником города Лабытнанги, на базе которого осуществляется освоение азиатской части Полярного Урала.

Для анализа территориальной доступности медицинских учреждений использованы данные OpenStreetMap, включающие информацию о расположении лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), населенных пунктов и конфигурации дорожной сети. Среди ЛПУ отобраны больницы различного уровня (центральные районные, районные и участковые), для них рассчитана доступность изучаемых территорий. Населенные пункты включены в анализ все без исключения. Дорожная сеть подвергнута существенной генерализации, в ходе которой из нее исключены участки, не приспособленные для проезда транспорта обычной проходимости. Генерализация основана на атрибутах дорожной сети OpenStreetMap. Затем с помощью набора инструментов Network Analyst ПО ArcGIS построены зоны доступности 1, 2,5, 5, 10 и 50 км относительно всего набора ЛПУ для каждого ключевого участка. Дополнительно для всех ключевых участков, кроме расположенного в Архангельской области, рассмотрена доступность территорий под жилой застройкой ввиду невозможности аппроксимировать точками крупные города в масштабе исследования. Результаты анализа территориальной доступности сопоставлены с информацией о медико-организационных работах, представленных в существующих региональных программах развития здравоохранения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Специфика арктического региона находит отражение не во всех нормативно-правовых документах. В государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ» [Об

утверждении... , 2021] среди контрольных показателей нет индикаторов, характеризующих повышение качества медицинского обслуживания населения. В нормативно-правовых документах Министерства здравоохранения, регламентирующих размещение медицинских учреждений, нет указаний на особенности Арктической зоны [Приказ..., 2016], где в условиях сурового климата, ограничений транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры, низкой плотности населения традиционные модели организации оказания медицинской помощи недостаточно эффективны. Медицинские организации, оказывающие первичную медико-санитарную помощь в населенных пунктах с численностью населения свыше 20 тыс. человек, размещаются с учетом шаговой доступности, не превышающей 60 минут. Рекомендовано размещение одной участковой больницы на 5–20 тыс. человек, районной больницы на 20–100 тыс. человек, а городской – на 20–300 тыс. человек. Кроме того, эти параметры могут быть скорректированы субъектами РФ.

Во всех трех региональных программах модернизации первичного звена здравоохранения обозначена цель по обеспечению доступности и качества первичной медико-санитарной помощи и медицинской помощи, оказываемой в сельской местности, рабочих поселках, поселках городского типа и малых городах с численностью населения до 50 тыс. человек. Кроме того, проблема доступности медицинской помощи обозначена в стратегиях социально-экономического развития регионов. Несмотря на обозначение проблемы, проанализированные документы ограничиваются общими региональными рекомендациями, система критериев и показателей, позволяющих оценить территориальную доступность во внутрирегиональном аспекте, не приводится.

**Территориальная доступность в городах и сельских населенных пунктах Архангельской области.** Анализ обеспеченности квалифицированной медицинской помощью ключевого участка Архангельской области показал, что 33 населенных пункта из 121 вошедшего в анализ находятся в 15-километровой зоне доступности медицинской помощи, что при скорости 60 км/ч составляет примерно 15–20 мин (табл. 1). На эти населенные пункты приходится 92% всего населения ключевого участка. Кроме того, 12 населенных пунктов находятся в 15–25-километровой зоне, 32 – на расстоянии от 25 до 50 км, что составляет радиус проживания около 5% населения. Около 2,5% населения приходится на 13 населенных пунктов, попадающих в зону 50–100 км и 31 – более 100 км. К наиболее удаленным населенным пунктам можно отнести поселки Пинежского, а также Виноградов-

ского районов. Одними из наиболее уязвимых населенных пунктов являются сельские поселения на юге ключевого участка (рис. 2). Это совпадает с предыдущими результатами исследования Архангельской области [Шартова и др., 2019], а также с результатами, полученными для сельских местностей других регионов. Так, для сельских территорий Норвегии было выявлено неравенство в доступности медицинской помощи [Goicolea et al., 2018], что может способствовать разъединению семей, снижению уровня доходов и другим социальным проблемам. Доступность неотложной помощи, как и в случае неотложной помощи, осложнялась высокой текучестью медицинских кадров [Oosterveer, Young, 2015]. С другой стороны, географическое расстояние не всегда может выступать барьером в получении медицинской помощи и создавать разницу между городским и сельским населением, что было показано на примере Северной Финляндии [Lankila et al., 2016].

Таблица 1

**Удаленность населенных пунктов от медицинских учреждений с учетом численности населения для ключевого участка Архангельской области**

Зона доступности, км	Количество населенных пунктов	Численность населения, чел.	Численность населения, %
Более 100	31	10 478	1,49
50–100	13	7 262	1,03
35–50	15	5 294	0,75
25–35	17	16 615	2,36
15–25	12	12 510	1,77
Менее 15	33	653 008	92,60

Дополнительно проанализирована информация с официальных сайтов медицинских учреждений о видах предоставляемой медицинской помощи. Наиболее полный спектр медицинской помощи можно получить только в центральных районных больницах, располагающихся в районных центрах. Районные и участковые больницы по факту являются амбулаториями, как, например, Кодинская районная больница. В иных отсутствуют врачи, больница выполняет функции фельдшерского пункта (например, Рочегодская и Шалашукская участковые больницы, расположенные на юге ключевого участка). Пинежская и Луковецкая участковые больницы оказывают медицинскую помощь преимущественно терапевтического характера. Таким образом, жители населенных пунктов, расположенных вблизи данных больниц, при возникновении серьезных проблем со здоровьем, в том числе требующих специализи-

рованной помощи, будут вынуждены обращаться в центральные больницы. Это требует дополнительных временных затрат и может стать причиной несвоевременного обращения за медицинской помощью. Кроме того, в ряде исследований отмечается рост числа жалоб населения Архангельской области по вопросам доступности медицинской помощи, в том числе по записи на прием, по наличию специалистов [Сидоровская, Данилова, 2019], а также по вопросам недоступности и низкого качества системы здравоохранения арктической зоны РФ в целом [Проценко и др., 2018].

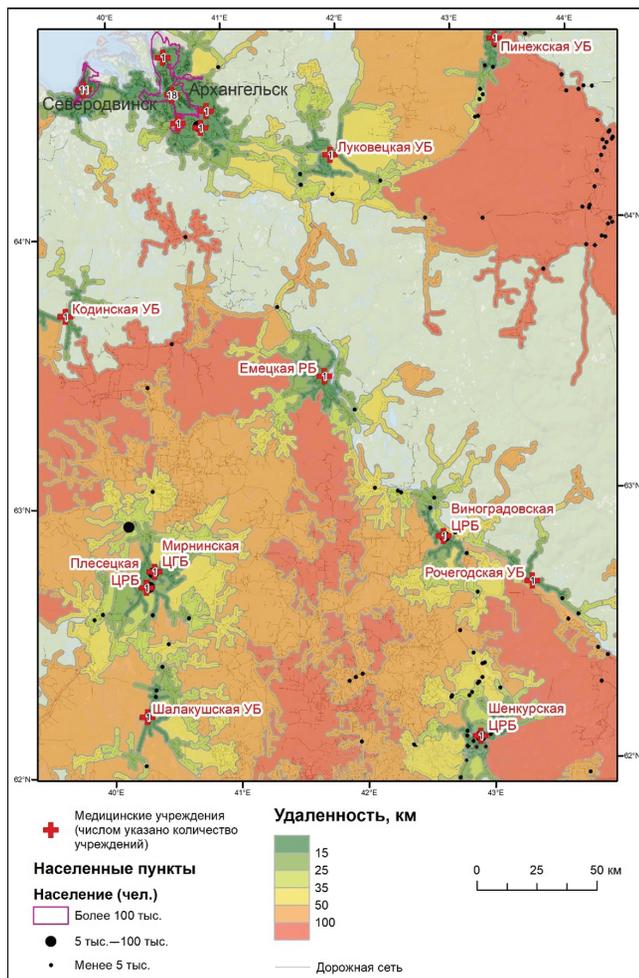


Рис. 2. Зоны удаленности населенных пунктов от медицинских учреждений для ключевого участка Архангельской области

Fig. 2. Zones of settlements remoteness from health care facilities for the Arkhangelsk region

**Территориальная доступность в городских агломерациях Мурманской области.** Мурманск и соседние населенные пункты. Анализ обеспеченности квалифицированной медицинской помощью г. Мурманска показал, что большая часть жилой зоны (78%) расположена не далее 5 км от больниц. При этом в

зоне пешей доступности (до 1 км) попадает 13% жилой зоны. За границами Мурманска только один населенный пункт попадает в зону удаленности 2,5–5 км, все остальные населенные пункты с общей численностью населения около 85 тыс. человек удалены от больниц на расстояние свыше 5 км. При этом 14 населенных пунктов (27 тыс. чел.) попадают в зону 10–50 км (рис. 3, табл. 2). В зону свыше 50 км попадают девять населенных пунктов с внушительной для заполярного региона общей численностью населения 51 тыс. человек; все они относятся к закрытым территориальным образованиям (ЗАТО) оборонного профиля; много таких попадает и в более близкие зоны. Представляется весьма вероятным оказание медицинской помощи их жителям в специализированных учреждениях на территории этих ЗАТО, однако точная информация об этом не публикуется.

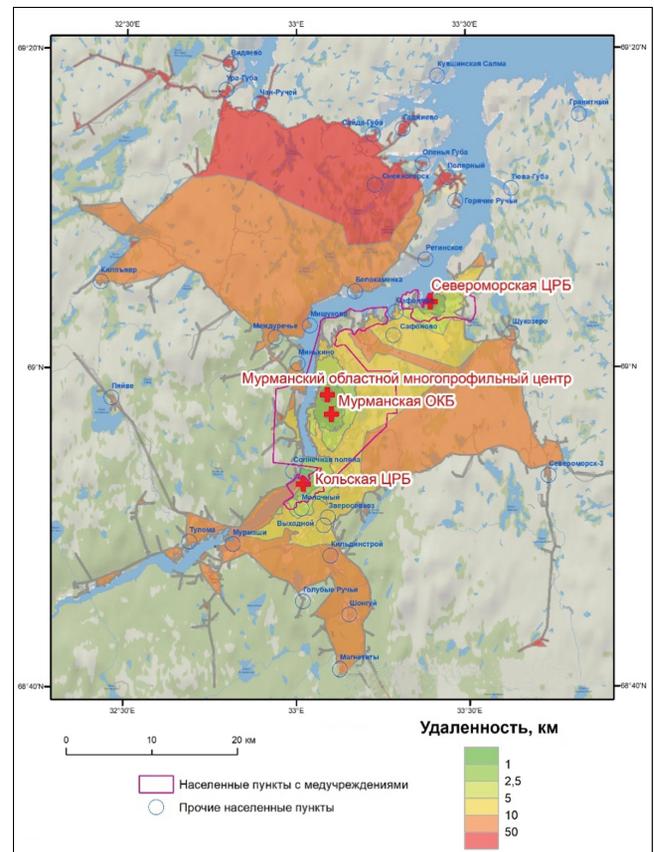


Рис. 3. Зоны удаленности населенных пунктов от медицинских учреждений для ключевого участка Мурманска и окрестностей

Fig. 3. Zones of settlements remoteness from health care facilities for Murmansk and neighboring territories

**Апатиты – Кировск и соседние населенные пункты.** В городской агломерации Апатиты – Кировск наблюдается еще большая территориальная доступность медицинской помощи. 85% жилой зоны находится на удалении не более 2,5 км от больниц, а в зону пешей доступности до 1 км попадает 34%

жилой зоны (табл. 3). На удалении 5–10 км находятся только три населенных пункта: Титан (1442 чел.) и два дачных поселка Тик-Губа и Залесье без постоянного населения. В зоне 10–50 км расположен поселок при руднике Коашва (882 чел.) и поселки железнодорожных станций Питкуль и Хибинь без постоянно проживающего населения (рис. 4). В Титане и Коашве находятся фельдшерско-акушерские пункты, расположенные в жилых многоквартирных домах и осуществляющие диагностику и лечение неосложненных острых заболеваний, хронических заболеваний и их обострений.

Таблица 2

**Удаленность населенных пунктов от медицинских учреждений с учетом численности населения для ключевого участка Мурманска и окрестностей**

Удаленность от ближайшей больницы, км	Площадь жилой территории, км <sup>2</sup>	Жилая зона, %	Количество населенных пунктов вне городской агломерации
Свыше 50	0,24	1,2	9 (51 637 чел.)
10–50	0,58	2,9	14 (27 024 чел.)
5–10	3,71	18,3	3 (6 890 чел.)
2,5–5	5,41	26,7	1 (5 700 чел.)
1–2,5	7,73	38,1	–
0–1	2,62	12,9	–

Таблица 3

**Удаленность населенных пунктов от медицинских учреждений с учетом численности населения для ключевого участка Апатиты – Кировск**

Удаленность от ближайшей больницы, км	Площадь жилой территории, км <sup>2</sup>	Жилая зона, %	Количество населенных пунктов вне городской агломерации
10–50	0,14	1,9	3 (882 чел.)
5–10	0,45	6,4	3 (1 444 чел.)
2,5–5	0,48	6,8	–
1–2,5	3,62	51,2	–
0–1	2,38	33,7	–

Несмотря на удовлетворительную транспортную доступность больниц, больше различий выявляется при анализе оказываемой специализированной медицинской помощи. Согласно информации, представленной на сайте Апатитско-Кировской центральной клинической больницы (<http://akcgb51.ru/>), значительная часть специализированной стационарной

помощи сконцентрирована в Кировске. Так, например, кардиологическая стационарная помощь, за исключением острых сердечнососудистых состояний, требующих реанимации, травматологическая, хирургическая, неврологическая помощь может быть оказана только в Кировске, но не в Апатитах. Специализированная онкологическая помощь (в том числе базовые процедуры, такие как МРТ-исследование, взятие материала для проведения биопсии) возможна только в Мурманске на базе Мурманской областной клинической больницы и Мурманского областного онкологического диспансера. Несмотря на то что первичные онкологические кабинеты развернуты в каждой районной больнице, впоследствии подобная территориальная удаленность специализированной помощи может вызвать дополнительные сложности для пациентов. Так, например, Мурманская область существенно отстает по охвату онкоскринингов от плановых показателей в рамках диспансеризации [Чернобровкина, 2022]. В настоящее время доступность онкологических скринингов, как и доступность лучевой терапии, являются одной из наиболее уязвимых секторов здравоохранения северных территорий.

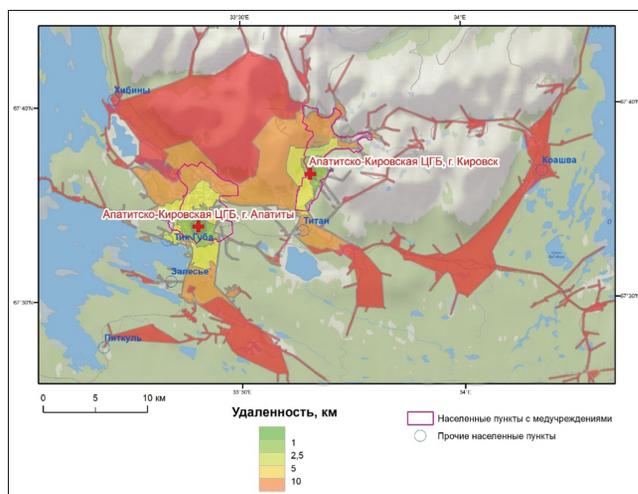


Рис. 4. Зоны удаленности населенных пунктов от медицинских учреждений для ключевого участка Апатиты – Кировск

Fig. 4. Zones of settlements remoteness from health care facilities for Apatity – Kirovsk

**Территориальная доступность в городских агломерациях Ямало-Ненецкого округа. Салехард – Лабытнанги и соседние населенные пункты.** В Салехарде 65% жилой зоны расположено в пределах 2,5 км от больниц, при этом в зоне пешей доступности до 1 км – 24%. На удалении 2,5–5 км приходится 15% жилой зоны, на 5–10 км – 10% (табл. 4). Два населенных пункта попадают в зону удаленности 10–50 км – Горноknязевск (118 чел.) с природ-

но-этнографическим комплексом и поселок Харсаим (575 чел.), где проживает преимущественно коренное население (см. табл. 4). Два населенных пункта в пределах исследуемого участка (рыбачьи поселения Вылпосл, 76 чел., и Халасьпугор, упраздненное в конце 2021 г.) имеют только водную транспортную доступность и не учтены в анализе (рис. 5).

Для городов Лабытнанги и Салехард также складывается неоднородная картина оказания медицинской помощи. Если в Салехарде возможно получение широкого спектра специализированной помощи, в том числе высокотехнологичной, то в Лабытнанги возможности существенно ниже. Аксарковская ЦРБ, в состав которой входит также Харпская районная больница, сфокусирована на медицинской помощи коренному населению и предоставляет, по сути, лишь базовую медицинскую помощь.

Таблица 4

**Удаленность населенных пунктов  
от медицинских учреждений с учетом  
численности населения для ключевого участка  
Салехард – Лабытнанги**

Удаленность от ближайшей больницы, км	Площадь жилой территории, км <sup>2</sup>	Жилая зона, %	Количество населенных пунктов вне городской агломерации
Не связаны дорожной сетью	–	–	2 (116 чел.)
Свыше 50	0,37	2,5	–
10–50	1,06	7,2	2 (693 чел.)
5–10	1,53	10,4	–
2,5–5	2,22	15,2	–
1–2,5	6,04	41,2	–
0–1	3,45	23,5	–

Таким образом, проанализированные крупные города, расположенные в арктической зоне России, можно охарактеризовать как достаточно обеспеченные медицинской помощью с точки зрения территориальной доступности. Внутри городских агломераций Кировск – Апатиты и Лабытнанги – Салехард можно определить неравномерность в распределении специализированных медицинских услуг. Несмотря на то что расстояния между городами не превышают 20 км, это может вызвать дополнительные сложности в своевременной диагностике заболеваний или оказании медицинской помощи в острых случаях. Фактор расстояния может быть решающим и выступать в качестве барьера при необходимости получения услуг психосоциальной помощи, например при лечении алкоголизма и нар-

комании, ментальных проблемах, или получения физиотерапевтических и реабилитационных процедур [Kvig et al., 2017].

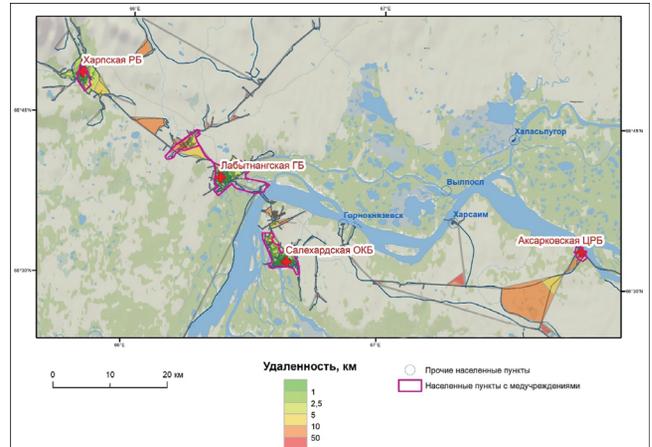


Рис. 5. Зоны удаленности населенных пунктов от медицинских учреждений для ключевого участка Салехард – Лабытнанги

Fig. 5. Zones of settlements remoteness from health care facilities for Salekhard – Labytnangi

При анализе результатов работы следует обратить внимание на два важных фактора, которые, безусловно, играют значительную роль в формировании картины транспортной доступности в арктических регионах, однако не являются предметом настоящего исследования. Во-первых, для арктических регионов характерно различие транспортной доступности в теплый и холодный периоды за счет формирования зимников, что при прочих равных условиях приводит к улучшению транспортной доступности. Однако улучшение транспортной доступности зимой характерно не только для арктических регионов России, но и вообще для тех регионов, где зимой не наблюдаются частые переходы температуры воздуха через 0, и дороги со снежным покрытием более приспособлены для передвижения транспорта, нежели грунтовые или разбитые дороги с покрытием. Что касается зимних дорог межрегионального значения, то в пределах рассматриваемых ключевых участков они не играют существенной роли. Во-вторых, значительное снижение транспортной доступности определяется погодными условиями, в частности обильными осадками, которые могут полностью блокировать передвижение по дорогам при экстремальных погодных условиях, особенно в зимнее время. Но снижение транспортной доступности в таких условиях определяется в значительной степени методами и скоростью реагирования местных коммунальных служб на экстремальные погодные условия, и учет этих методов и средств требует проведения отдельного исследования.

Одним из ведущих факторов повышения доступности услуг здравоохранения на севере России могло бы стать развитие телемедицинской сети. Телемедицина может расширить доступ к специализированной медицинской помощи для пациентов с широким спектром проблем – от неврологических расстройств до реабилитации после различных травм [Liddy et al., 2017]. Однако в России телемедицинская сеть также характеризуется тенденциями неравномерного распределения. Обычно к сети подключены медицинские организации крупных городов и районных центров, в то время как в медицинских учреждениях сельских поселений, где такие консультации наиболее актуальны, подключение отсутствует [Губина, 2020]. Другим направлением повышения доступности и качества услуг здравоохранения является создание различных программ обучения как для медицинского персонала [Huot et al., 2019], так и для жителей, включая уязвимые группы населения, например пожилых людей [Gustafsdottir et al., 2022].

### ВЫВОДЫ

Таким образом, проанализированные крупные города в Архангельской, Мурманской областях и Ямало-Ненецком автономном округе можно охарактеризовать как достаточно обеспеченные медицинской помощью с точки зрения ее территориальной доступности. Большая часть населения проживает на расстоянии не более 5 км от больницы, что позволяет оказывать своевременную медицинскую помощь. Единичны населенные пункты, которые находятся на удалении более 10 км (следует отметить, что за счет убыли населения таких населенных пунктов становится все меньше). На примере Архангельской области показано, что сельское население по-прежнему остается наиболее уязвимой категорией в контексте оказания медицинской помощи.

Доступность медицинской помощи складывается из комплекса показателей, включая обеспеченность

оборудованием, лекарствами и медицинским персоналом, но именно географическая удаленность в данном случае будет определять все большую зависимость от телемедицинской сети, дорогостоящих медицинских поездок, что, в свою очередь, может привести к неоказанию своевременной медицинской помощи и обеспечения непрерывности лечения.

Проведенный анализ подтверждает, что объединение медицинских учреждений в ходе модернизации системы здравоохранения в межмуниципальные медицинские центры ограничивает жителей в получении качественной медицинской помощи [Торопушина, 2016; Журавель, 2020]. Наблюдаемая концентрация специализированной помощи в отдельных центрах без учета их транспортной доступности несет дополнительные риски для населения. Наиболее уязвимым при этом становится население сельских поселений и национальных поселков. На примере ключевого участка на территории Архангельской области показано, что наиболее уязвимыми являются именно жители сельских населенных пунктов, расположенных преимущественно в южной части и наиболее удаленных от крупных городов области. Это может внести вклад в усиление неравенства в обеспеченности медицинской помощью в северных городах и сельских районах.

Результаты проведенного исследования имеют ряд ограничений и не могут быть распространены на все северные города, так как особенность расселения связана с высоким уровнем специфичности отдельных поселений. Тем не менее по изученным территориям получены репрезентативные результаты. Выявленные особенности следует принимать во внимание и для других регионов. Кроме того, в статье не рассматривается доступность территорий с помощью водного и авиатранспорта, которые для многих других арктических территорий являются не менее важными, чем автомобильный. Это связано с тем, что непосредственно для анализируемых территорий данные виды помощи не являются приоритетными.

**Благодарность.** Исследование поддержано Российским научным фондом, грант № 22-28-010-49.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ватлина Т.В., Тимонин С.А., Малхазова С.М. Пространственный анализ сферы медицинского обслуживания в Арктической зоне Российской Федерации / Природа и общество: в поисках гармонии: материалы V Всероссийской научно-практ. конференции, посвященной памяти проф. В.А. Шкаликера. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2019. С. 32–44.
- Губина О.В. Формирование телемедицинской системы как инновационного фактора развития Арктических территорий России // РППЭ. 2020. № 5(115). С. 39–47.
- Евсеев А.В., Красовская Т.М., Черешня О.Ю. Импактные районы Российской Арктики: перспективы развития // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27. Ч. 1. С. 229–237. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-229-237.
- Журавель В.П. Вопросы социального развития в Арктической зоне РФ: состояние и перспективы // Россия: тенденции и перспективы развития. 2020. № 15–2. С. 447–450.
- Игловская Н.С. Особенности урбанизации и формирование городских агломераций на севере России // Arctic Environmental Research. 2011. № 1. С. 5–12.

- Обедков А.П. Формирование опорного каркаса северных территорий как фактор модернизации и укрепления российского пространства // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. № 13–1. С. 1029–1037.
- Проценко О.Д., Глазов К.Н., Ермакова С.Э., Юрикова И.Г. Основные аспекты социально-экономического развития и системы жизнеобеспечения населения арктических территорий России // Экономика и управление. 2018. № 9(155). С. 4–11.
- Рузанова П.Д., Мажинский С.В. Проблема здравоохранения в Арктической зоне России // The Newman in Foreign policy. 2021. № 62(106). Т. 5. С. 42–46.
- Сидоровская Т.В., Данилова С.Л. Оценка удовлетворенности жителей северных регионов качеством медицинских услуг // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского гос. ун-та. 2019. № 1. С. 46–53.
- Торпушина Е.Е. К вопросу о местном здравоохранении: арктический регион // Успехи современной науки. 2016. Т. 4. № 12. С. 42–47.
- Чернобровкина А.Е. Реализация скрининга злокачественных новообразований органов женской половой сферы в Северо-Западном федеральном округе // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2022. № 1. С. 563–577.
- Шартова Н.В., Грищенко М.Ю., Ревич Б.А. Оценка территориальной доступности медицинских учреждений по открытым данным на примере Архангельской области // Социальные аспекты здоровья населения. 2019. № 6(65). С. 1–29.
- Chan J., Friberg J., Chernov M., Cherkashin M., Grau C., Brundage M., Slotman B. Access to radiotherapy among circumpolar Inuit populations, *Lancet Oncol.*, 2019, vol. 20(10), p. e590–e600, DOI: 10.1016/S1470-2045(19)30394-8.
- Ellsworth L., O’Keeffe A. Circumpolar Inuit health systems, *Int. J. Circumpolar Health*, 2013, vol. 72, DOI: 10.3402/ijch.v72i0.21402.
- Goicolea I., Carson D., San Sebastian M. et al. Health care access for rural youth on equal terms? A mixed methods study protocol in northern Sweden, *Int. J. Equity Health*, 2018, vol. 17(1), 6 p., DOI: 10.1186/s12939-018-0718-z.
- Gustafsdottir S.S., Sigurdardottir A.K., Mårtensson L., Arnadottir S.A. Making Europe health literate: including older adults in sparsely populated Arctic areas, *BMC Public Health*, 2022, vol. 22(1), 511, 12 p., DOI: 10.1186/s12889-022-12935-1.
- Haman F., Souza S., Castellani J. et al. Human vulnerability and variability in the cold: Establishing individual risks for cold weather injuries, *Temperature*, 2022, vol. 9(2), p. 158–195, DOI: 10.1080/23328940.2022.2044740.
- Huot S., Ho H., Ko A. et al. Identifying barriers to health-care delivery and access in the Circumpolar North: important insights for health professionals, *Int. J. Circumpolar Health*, 2019, vol. 78(1), 1571385, 8 p., DOI: 10.1080/22423982.2019.1571385.
- Kvig E.I., Brinchmann B., Moe C. et al. Geographical accessibility and duration of untreated psychosis: distance as a determinant of treatment delay, *BMC Psychiatry*, 2017, vol. 17(1), 176, DOI: 10.1186/s12888-017-1345-8.
- Lankila T., Näyhä S., Rautio A. et al. Is geographical distance a barrier in the use of public primary health services among rural and urban young adults? Experience from Northern Finland, *Public Health*, 2016, vol. 131, p. 82–91, DOI: 10.1016/j.puhe.2015.10.020.
- Liddy C., McKellips F., Armstrong C.D. et al. Improving access to specialists in remote communities: a cross-sectional study and cost analysis of the use of eConsult in Nunavut, *Int. J. Circumpolar Health*, 2017, vol. 76(1), 1323493, DOI: 10.1080/22423982.2017.1323493.
- Oosterveer T.M., Young T.K. Primary health care accessibility challenges in remote indigenous communities in Canada’s North, *Int. J. Circumpolar Health*, 2015, vol. 74, 29576, DOI: 10.3402/ijch.v74.29576.
- Pilyasov A.N. Arctic entrepreneurship development factors, *Geography, Environment, Sustainability*, 2020, no. 13(1), p. 46–56, DOI: 10.24057/2071-9388-2019-91.
- Zakariassen E., Østerås Ø., Nystøyl D.S. et al. Loss of life years due to unavailable helicopter emergency medical service: a single base study from a rural area of Norway, *Scand. J. Prim. Health Care*, 2019, vol. 37(2), p. 233–241, DOI: 10.1080/02813432.2019.1608056.
- Электронные ресурсы**
- Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7025> (дата обращения 14.03.2022).
- Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 484 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации”» (с изменениями и дополнениями от 30.12.2022). URL: <https://base.garant.ru/400534977/?ysclid=lg41vo7ena66185671> (дата обращения 24.03.2023).
- Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27.02.2016 г. № 132н «О Требованиях к размещению медицинских организаций государственной системы здравоохранения и муниципальной системы здравоохранения исходя из потребностей населения». URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-27022016-n-132n/?ysclid=lg44k3jhea334278411> (дата обращения 11.03.2022).
- Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 01.01.2021. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения 12.02.2022).
- Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000–2020 гг. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13279> (дата обращения 15.02.2022).
- Health systems resilience toolkit: a WHO global public health good to support building and strengthening of sustainable health systems resilience in countries with various contexts. WHO. URL: <https://www.who.int/publications/item/9789240048751> (дата обращения 21.02.2022).

Поступила в редакцию 13.02.2023

После доработки 15.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## TERRITORIAL ACCESSIBILITY OF MEDICAL INSTITUTIONS FOR THE RESIDENTS OF THE NORTH OF RUSSIA

N.V. Shartova<sup>1</sup>, M.Yu. Grishchenko<sup>2</sup>, T.V. Vatlina<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Higher School of Economics (HSE)

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics;

<sup>2</sup> The Institute of Economic Forecasting of the RAS

<sup>3</sup> Smolensk State University, Department of Geography

<sup>1</sup> International Laboratory for Landscape Ecology, Senior Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: nshartova@hse.ru

<sup>2</sup> Faculty of Geography and Geoinformation Technologies, Associate Professor, Senior Researcher (HSE),  
Ph.D. in Geography; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

<sup>3</sup> Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: vatlina\_geo@mail.ru

Access to health care is a key component that determines the possibility of the earliest-possible promotion of health and well-being in the context of everyday life. The article analyzes the spatial accessibility of health services for the population of certain areas of the North of Russia. Urbanized and rural areas in the Arkhangelsk and Murmansk regions and the Yamal-Nenets autonomous region were studied. OpenStreetMap data was used, including information about the location of medical institutions and settlements, and the configuration of road network. Using the ArcGIS Network Analyst toolkit, different accessibility zones were identified for each study area. It was revealed that large cities located in the north of Russia are sufficiently provided with medical care in terms of spatial accessibility. More relevant is the issue of providing specialized types of medical care. Even cities located close to each other show unequal possibilities of obtaining specialized health care. The concentration of specialized care in several centers, without taking into account their transport accessibility, requires additional time and carries risks for the population because of the untimely access to medical care. Rural population remains the most vulnerable in terms of the access to medical care.

**Keywords:** accessibility of health care, network analysis, spatial analysis, Murmansk Region, Arkhangelsk Region, Yamal-Nenets autonomous region

**Acknowledgments.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 22-28-010-49).

### REFERENCES

- Chan J., Friborg J., Chernov M., Cherkashin M., Grau C., Brundage M., Slotman B. Access to radiotherapy among circumpolar Inuit populations, *Lancet Oncol.*, 2019, vol. 20(10), p. e590–e600, DOI: 10.1016/S1470-2045(19)30394-8.
- Chernobrovkina A.E. Realizatsiya skrininga zlokachestvennykh novoobrazovaniy organov zhenskoi polovoi sfery v Severo-Zapadnom federal'nom okruge [Implementation of screening for malignant neoplasms of the female genital organs in the Northwestern Federal District], *Sovremennye problemy zdavookhraneniya i meditsinskoj statistiki*, 2022, no. 1, p. 563–577. (In Russian)
- Ellsworth L., O'Keeffe A. Circumpolar Inuit health systems, *Int. J. Circumpolar Health*, 2013, vol. 72. DOI: 10.3402/ijch.v72i0.21402.
- Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Chereshnya O.Yu. Impaktnye rajony Rossijskoj Arktiki: perspektivy razvitiya [Impact areas of the Russian Arctic: development prospects], *InterKarto. InterGIS. Materialy Mezhdunar. konf.* [Proc. of the International Conference InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories], Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 2021, vol. 27, p. 229–237. (In Russian)
- Goicolea I., Carson D., San Sebastian M. et al. Health care access for rural youth on equal terms? A mixed methods study protocol in northern Sweden, *Int. J. Equity Health*, 2018, vol. 17(1), 6 p., DOI: 10.1186/s12939-018-0718-z.
- Gubina O.V. Formirovanie telemeditsinskoi sistemy kak innovatsionnogo faktora razvitiya Arkticheskikh territorii Rossii [Formation of a telemedicine system as an innovative factor in the development of the Arctic territories of Russia], *RPPE*, 2020, no. 5(115), p. 39–47. (In Russian)
- Gustafsdottir S.S., Sigurdardottir A.K., Mårtensson L., Arnadottir S.A. Making Europe health literate: including older adults in sparsely populated Arctic areas, *BMC Public Health*, 2022 vol. 22(1):511, 12 p., DOI: 10.1186/s12889-022-12935-1.
- Haman F., Souza S., Castellani J. et al. Human vulnerability and variability in the cold: Establishing individual risks for cold weather injuries, *Temperature*, 2022, vol. 9(2), p. 158–195. DOI: 10.1080/23328940.2022.2044740.
- Huot S., Ho H., Ko A. et al. Identifying barriers to health-care delivery and access in the Circumpolar North: important insights for health professionals, *Int. J. Circumpolar Health*, 2019, vol. 78(1), 1571385, DOI: 10.1080/22423982.2019.1571385.
- Iglovskaya N.S. Osobennosti urbanizatsii i formirovanie gorodskikh aglomeratsii na Severe Rossii [Features of urbanization and the formation of urban agglomerations in the North of Russia], *Arctic Environmental Research*, 2011, no. 1, p. 5–12. (In Russian)
- Kvig E.I., Brinchmann B., Moe C. et al. Geographical accessibility and duration of untreated psychosis: distance

- as a determinant of treatment delay, *BMC Psychiatry*, 2017, vol. 17(1), 176, DOI: 10.1186/s12888-017-1345-8.
- Lankila T., Näyhä S., Rautio A. et al. Is geographical distance a barrier in the use of public primary health services among rural and urban young adults? Experience from Northern Finland, *Public Health*, 2016, vol. 131, p. 82–91, DOI: 10.1016/j.puhe.2015.10.020.
- Liddy C., McKellips F., Armstrong C.D. et al. Improving access to specialists in remote communities: a cross-sectional study and cost analysis of the use of eConsult in Nunavut, *Int. J. Circumpolar Health*, 2017, vol. 76(1), 1323493, DOI: 10.1080/22423982.2017.1323493.
- Obedkov A.P. Formirovanie opornogo karkasa severnykh territorij kak faktor modernizacii i ukrepleniya Rossijskogo prostranstva [Formation of the framework of northern territories as a factor of modernization and strengthening of the Russian space], *Rossiia: tendencii i perspektivy razvitiya*, 2018, no 13–1. p. 1029–1037. (In Russian)
- Oosterveer T.M., Young T.K. Primary health care accessibility challenges in remote indigenous communities in Canada's North, *Int. J. Circumpolar Health*, 2015, vol. 74, 9576, DOI: 10.3402/ijch.v74.29576.
- Pilyasov A.N. Arctic entrepreneurship development factors, *Geography, Environment, Sustainability*, 2020, no. 13(1), p. 46–56, DOI: 10.24057/2071-9388-2019-91.
- Protzenko O.D., Glazov K.N., Ermakova S.E., Yurikova I.G. Osnovnye aspekty sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya i sistemy zhizneobespecheniya naseleniya arkticheskikh territorij Rossii [The main aspects of socio-economic development and the life support system of the population of the Arctic territories of Russia], *Ekonomika i upravlenie*, 2018, no. 9(155), p. 4–11. (In Russian)
- Ruzanova P.D., Mazhinskij S.V. Problema zdravoohraneniya v arkticheskoy zone Rossii [The problem of health care in the Arctic zone of Russia], *The Newman in Foreign policy*, 2021, no. 62(106), p. 42–46. (In Russian)
- Shartova N.V., Grishchenko M.Yu., Revich B.A. Ocenka territorial'noj dostupnosti medicinskih uchrezhdenij po otkrytym dannym na primere Arhangel'skoj oblasti [Geographical accessibility of health services based on the open data in the Arkhangelsk region], *Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2019, no. 6(65), p. 1–29. (In Russian)
- Sidorovskaya T.V., Danilova S.L. Otsenka udovletvorennosti zhitelei severnykh regionov kachestvom meditsinskikh uslug [Assessment of satisfaction of the residents of northern regions with the quality of medical services], *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo tsentra korporativnogo prava, upravleniya i venchurnogo investirovaniya Syktyvskarskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 1, p. 46–53. (In Russian)
- Toropushina E.E. K voprosu o mestnom zdravookhranении: arkticheskii region [On the local health care: the Arctic region], *Uspekhi sovremennoi nauki*. 2016, vol. 4, no. 12, p. 42–47. (In Russian)
- Vatlina T.V., Timonin S.A., Malkhazova S.M. [Spatial analysis of the medical care sector in the Arctic zone of the Russian Federation], *Priroda i obshchestvo: v poiskakh garmonii* [Nature and Society in the Search for Harmony] Proc. of the Russian Scientific Conference in Memory of Prof. V.A. Shkalikov, Smolensk, Smolensk St. Univ. Publ., 2019, p. 32–44. (In Russian)
- Zakariassen E., Østerås Ø., Nystøyl D.S. et al. Loss of life years due to unavailable helicopter emergency medical service: a single base study from a rural area of Norway, *Scand. J. Prim. Health Care*, 2019, vol. 37(2), p. 233–241, DOI: 10.1080/02813432.2019.1608056.
- Zhuravel' V.P. Voprosy sotsial'nogo razvitiya v Arkticheskoi zone RF: sostoyanie i perspektivy [Issues of social development in the Arctic zone of the Russian Federation: state and prospects], *Rossiia: tendentsii i perspektivy razvitiya*, 2020, no. 15–2, p. 447–450. (In Russian)

#### Web sources

- Chislennost' naseleniya Rossiiskoi Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam na 01.01.2021, Rosstat [Population of the Russian Federation by municipalities as of 01.01.2021], URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (access date 12.02.2022).
- Ekonomicheskie i sotsial'nye pokazateli raionov Krainego Severa i priravnennykh k nim mestnostei v 2000–2020 gg., Rosstat [Economic and social indicators for the Far North and equated regions in 2000–2020. Rosstat], URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13279> (access date 15.02.2022).
- Health systems resilience toolkit: a WHO global public health good to support building and strengthening of sustainable health systems resilience in countries with various contexts, WHO, URL: <https://www.who.int/publications/item/9789240048751> (access date 21.02.2022).
- Ob osnovakh okhrany zdorov'ya grazhdan v Rossiiskoi Federatsii, Federal'nyi zakon ot 21 noyabrya 2011 g. no. 323 [On the basics of protecting the health of citizens in the Russian Federation, Federal Law of November 21 2011 no. 323], URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7025> (access date 14.03.2023).
- Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii "Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii" (s izmeneniyami i dopolnениyami ot 30.12.2022), Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 30 marta 2021 g. no. 484 [On approval of the state program of the Russian Federation "Socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation", Decree of the Government of the Russian Federation of March 30 2021 no. 484], URL: <https://base.garant.ru/400534977/?ysclid=lg41vo7ena66185671> (access date 24.03.2023).
- Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii ot 27.02.2016 no. 132n "O Trebovaniyakh k razmeshcheniyu meditsinskikh organizatsii gosudarstvennoi sistemy zdravookhraneniya i munitsipal'noi sistemy zdravookhraneniya iskhodya iz potrebnosti naseleniya" [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of February 27, 2016 no. 132n "On the Requirements for the placement of medical organizations of the state health care system and the municipal health care system based on the needs of the population"], URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-ross-ii-ot-27022016-n-132n/> (access date 11.03.2022).

Received 13.02.2023

Revised 15.04.2023

Accepted 24.05.2023

## РУСЛОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СТОКА НАНОСОВ: ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НА КРУПНЫХ РЕКАХ РОССИИ

С.Р. Чалов<sup>1</sup>, А.С. Завадский<sup>2</sup>, П.П. Головлев<sup>3</sup>, В.А. Иванов<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева*

<sup>1</sup> *Доц., д-р геогр. наук; e-mail: srchalov@geogr.msu.ru*

<sup>2</sup> *Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: az200611@rambler.ru*

<sup>3</sup> *Мл. науч. сотр.; e-mail: pavel\_golovlev@list.ru*

<sup>4</sup> *Техник; e-mail: viktoro.1998@yandex.ru*

Эрозия берегов и дна рек формирует значительную часть материкового стока наносов – его русловую составляющую. В статье дается количественная оценка поступления наносов руслового происхождения 14 000 км нижнего течения Оби, Енисея, Лены, Камчатки и русловой сети Селенги. Абсолютные объемы поступления наносов за счет размывов берегов максимальны на нижней и средней Лене (до 38,7 млн т год<sup>-1</sup> на 100 км русла). Они меньше на нижней и средней Оби (до 19,9 млн т год<sup>-1</sup> на 100 км русла), и снижаются до 2 млн т год<sup>-1</sup> за счет ограниченных условий развития русловых деформаций – на Енисее, а за счет меньшего размера рек – на Селенге и Камчатке. На Енисее объем поступления наносов руслового происхождения в два раза ниже, чем сток наносов, а на других реках – выше до 9 раз. Максимальные темпы размывов берегов характерны для широкопойменных меандрирующих и разветвленных русел; на участках разветвленного русла основную часть в структуре размывов занимают деформации островов. Результаты свидетельствуют о важной роли русловой составляющей в формировании стока наносов крупнейших рек.

**Ключевые слова:** эрозия берегов, баланс наносов, сток наносов, Лена, Енисей, Обь, Селенга, Камчатка

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.11

### ВВЕДЕНИЕ

В пределах равнинных областей формируются эрозионно-русловые системы аккумулятивного типа, в которых происходит задержка большей части поступающего с водосбора материала [Burt, Allison, 2009], объем которого в два и более раз превосходит сток наносов [Сидорчук, 2015]. С увеличением размера речных бассейнов роль русловых источников наносов возрастает [Church, Slaymaker, 1989; Walling, 1993], однако количественные оценки этого явления до сих пор остаются открытым вопросом в русловедении [Bracken, 2010]. Это объясняется малой эмпирической изученностью влияния русловых деформаций на сток наносов в отличие от бассейновой составляющей, изучению которой посвящена обширная литература [Дедков, Мозжерин, 1984; Ferro, Minacapilli, 1995].

В общем случае вклад русловых процессов в изменение стока наносов может быть рассмотрен на основе генетической концепции формирования стока наносов [Алексеевский, 1998]. Транспорт наносов  $W$  в замыкающем створе речного бассейна связан с поступлением материала от  $i$ -частных источников, расположенных на водосборе  $\sum A_i$  и в русле  $\sum C_i$ . В таком случае величина  $\sum C_i$ :

$$\sum C_i = a_{\text{гр}} + a_{\text{рв}} - a_{\text{ап}} - a_{\text{ан}}, \quad (1)$$

где  $a_{\text{гр}}$  – горизонтальные деформации (% от  $W_{\text{н}}$ ),  $a_{\text{рв}}$  – вертикальные деформации,  $a_{\text{ап}}$  – аккумуляция наносов на пойме,  $a_{\text{ан}}$  – аккумуляция наносов в русле. Для определения величины  $a_{\text{гр}}$  часто используются допущения, в частности об отнесении всех фракций с диаметром более 0,05 мм к наносам руслового генезиса. Получаемые результаты обладают большой неопределенностью и изменяются в широких пределах. Например, для стока взвешенных наносов, по данным Н.И. Алексеевского, – от 1 до 64%. Наиболее известные исследования, основанные на разделении источников формирования стока наносов, связаны с работами А.П. Дедкова и А.В. Гусарова, согласно которым величина русловой составляющей в среднем не превышает 15% [Гусаров, 2015]. Недостатком этих работ является отсутствие верификации используемой расчетной модели, основанной на значительных допущениях (построение зависимости между расходом воды и расходом русловых наносов по 2–3 точкам, соответствующим межени, когда предполагается отсутствие бассейновых фракций в стоке наносов). Широкое применение получили косвенные методы статистического выявления соответствия грунтов

в источниках поступления материала и в речном потоке. Модель «отпечатка пальцев» (fingerprinting) позволила выполнить обобщение расчленения стока наносов рек Великобритании [Walling, Collins, 2005].

Прямые определения вклада русловых деформаций в сток наносов в масштабах крупных речных бассейнов ранее не проводились из-за ограниченности ретроспективных данных в достаточном для выявления пространственных закономерностей количестве. В результате соотношение разных составляющих уравнения (1) для масштаба крупного речного бассейна в литературе неизвестно. В то же время современные геоинформационные базы данных и архивы спутниковых снимков позволяют значительно расширить возможности анализа. Целью статьи является оценка темпов размывов берегов, рассматриваемых как основной механизм формирования русловой составляющей стока наносов таких крупных рек, как Обь, Енисей, Лена, Селенга и Камчатка. Решались задачи разработки методики ГИС-моделирования динамики берегов и островов, на основе которой проводился анализ отличий проявления размыва берегов как важнейшей компоненты русловой составляющей стока наносов в разных речных бассейнах и на отдельных участках рек и выполнялось определение соотношения объемов русловых деформаций и стока наносов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе выбраны несколько участков нижнего течения крупных рек. Для Оби нижней границей исследуемого участка выбран створ впадения Оби в Обскую губу. Для Енисея и Лены оценки даны для участка выше дельтовых областей. На Селенге рассматривался сегмент русловой сети выше дельты р. Селенги. На р. Камчатке нижней границей был выбран участок подхода реки к хребту Кумроч (рис. 1), где происходит резкое сужение долины, смена широкопойменного разветвленного русла на врезанное прямолинейное. Ниже по течению располагается устьевая область реки.

Исследуемые реки относятся к крупным полизональным бассейнам, охватывающим значительные широкопойменные участки речных долин. Рассматриваемые участки Оби, Селенги и Камчатки формируются исключительно в свободных условиях развития русловых деформаций (ширина поймы значительно превышает ширину русла). На Лене доля участков рек с ограниченными условиями развития русловых деформаций возрастает, а на Енисее они доминируют по длине реки (табл. 1). Среди исследуемых рек только Енисей на всем протяжении имеет галечно-валунное русло.

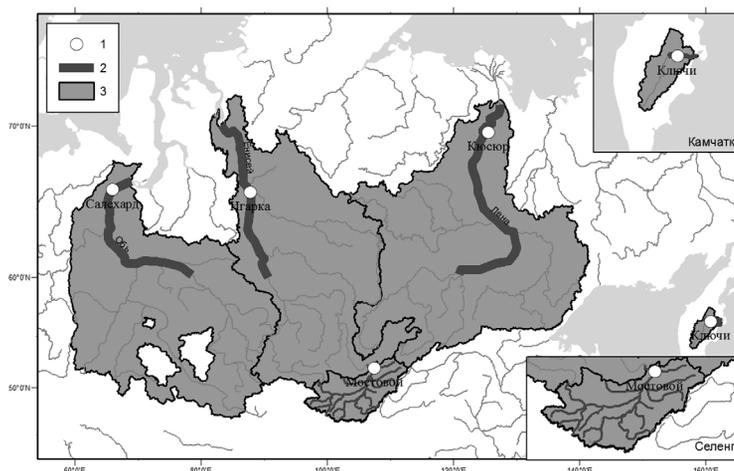


Рис. 1. Исследуемые участки крупных рек России:

1 – устьевые гидрологические посты; 2 – участки расчета русловых деформаций; 3 – водосборы изучаемых рек

Fig. 1. Studied sections of the large rivers of Russia: 1 – downstream gauging stations; 2 – areas of bank erosion calculation; 3 – catchments of the studied rivers

Оценка темпов русловых деформаций зависела от степени детализации данных и пространственного охвата исследований. Первый метод предполагал использование глобальной базы данных Global Surface Water Explorer (GSWE) [Pekel et al., 2016], которая содержит сведения об изме-

нении площадей водных объектов в период с 1984 по 2021 г. и позволяет в автоматическом режиме дешифровать размывы берегов. Информация об изменении контуров русла характеризовалась набором данных Occurrence Change Intensity (OCI) – интенсивность изменения положений во-

дно́й поверхности за разные периоды времени. Методика была подвергнута проверке на примере размывов нижней и средней Оби [Иванов, Чалов, 2021], где расчетные площади размывов по GSWE были сопоставлены с аналогичными данными ручной обработки снимков [Куракова, Чалов, 2019]. Величина погрешности определения

параметров размыва берегов в среднем составляет 11%, что позволяет использовать набор данных GSWE. Период применения лимитируется 1984 г. (архив снимков Landsat 5). На этой основе выполнен анализ 1300 км нижнего течения Оби, 1200 км нижнего течения Енисея, 1700 км нижнего течения Лены (см. рис. 1).

Таблица 1

**Сравнительный анализ геолого-геоморфологических условий формирования русловой составляющей исследуемых рек (% от длины рек)**

Река	Ограниченные условия			Неограниченные (широкопойменные) русла		
	Относительно прямолинейное	Меандрирующее	Разветвленное	Относительно прямолинейное	Меандрирующее	Разветвленное
Обь	–	–	–	35	45	20
Селенга	–	15	–	–	54	31
Енисей	34	33	17	9	2	5
Лена	18	12	34	15	–	21
Камчатка	–	4	–	–	42	54

Второй метод предполагает анализ многолетней динамики русел рек на возможностях ГИС ArcGIS Desktop «обучаться» самостоятельному дешифрированию осевой линии речных русел в определенном спектре цветовых каналов космических снимков. Это позволило автоматизировать процесс сопоставления разновременных космических изображений и на несколько порядков ускорить получение пространственной информации о темпах и направленности горизонтальных русловых деформаций, протяженности фронта размыва берегов. Подобная методика была реализована по длине рек бассейна Селенги, что позволило рассмотреть 8617 км русла в этом бассейне. Использование этой методики предполагало введение утоняющего коэффициента для участков разветвленного русла. С учетом того, что доля разветвленного и разветвленно-извилистого русла (формирующегося в широкопойменных условиях) в бассейне Селенги составляет 15%, полученную величину темпов размыва берегов увеличивали на 10%.

Для 600-километрового участка р. Камчатка оценка русловой эрозии производилась путем сопоставления контуров русла по привязанным снимкам 1964–1975 гг. программы Corona и современным (2012–2018) снимкам Quickbird, Worldview и Spot [Чалов, Чалова, Школьный, 2021].

Реализация каждого из методов позволила разделить с шагом по длине русла от одного (р. Лена и р. Камчатка) до 10 км (остальные исследуемые реки) следующие параметры размыва берегов:

1) площадь размыва левого берега  $F_{лб}$ ;

2) площадь размыва правого берега  $F_{пб}$ ;

3) площадь островного размыва  $F_{остр}$ ;

4) суммарную площадь размыва на участке  $F$ .

Полученные параметры использованы для оценки скорости размыва берегов в пределах зоны размыва. Для этого площадь размываемого берега  $F_{лб}$  (или  $F_{пб}$ ) соотносилась с длиной зоны размыва  $L$  (см. рис. 1) для определения средней ширины зоны размыва:

$$B_{разм} = \frac{F}{L} \tag{2}$$

Разделив получившееся значение на количество лет  $n$  между съемками, оценивали скорости отступления берега за период (м/год):

$$C_{разм} = \frac{B_{разм}}{n} \tag{3}$$

Оценка объема грунтов, поступающих в реку в результате размыва берегов, проводилась на основе определения высот берегов (надводной и подводной части). Значения высот берегов Оби, Енисея, Лены и Камчатки определены с использованием цифровой модели рельефа ArcticDEM [Morin et al., 2016] при построении поперечных профилей в створах наибольшего размыва на выделенных участках. Для этого проводилось определение абсолютного значения высоты берегового уступа и вычитание соответствующей данному участку высоты меженного уреза воды. Для рек бассейна Селенги определялся среднемаксимальный расход воды  $Q$ , который был принят в качестве руслонаполняющего, соответ-

ствующего, таким образом, бровкам подмываемых берегов и определяющего глубину потока и высоту размываемого берегового уступа. Для оценки расходов воды была использована модель формирования речного стока на водосборе ECOMAG, адаптированная для бассейна Селенги [Moreido, Kalugin, 2017]. Расчеты средней высоты размываемого берега (включая подводную часть уступа) проводились на основе гидравлической схематизации:

$$V = c\sqrt{hI}, \quad (4)$$

$$c = \frac{h^{1/6}}{n}, \quad (5)$$

$$Q = wV, \quad (6)$$

$$w = hB. \quad (7)$$

Исходя из этих выкладок:

$$Q = \frac{h^{5/3}B\sqrt{I}}{n}. \quad (8)$$

Отсюда

$$h^{5/3} = \frac{Qn}{B\sqrt{I}}, \quad (9)$$

или

$$h = \left( \frac{Qn}{B\sqrt{I}} \right)^{3/5}. \quad (10)$$

Коэффициент шероховатости  $n$  в этих формулах был принят исходя из морфодинамического типа русла: 0,035 – врезанное (прямолинейное, извилистое); 0,030 – адаптированное широкопойменное прямолинейное русло; 0,027 – адаптированное извилистое разветвленное русло; 0,025 – широкопойменное разветвленное извилистое русло; 0,022 – широкопойменное разветвленно-извилистое многорукавное русло. Средняя ширина русла (основного рукава)  $B$  определялась путем осреднения в пределах бесприоточных участков и в пределах одного типа русла. Для получения информации об уклонах дна речных долин в пределах рассматриваемых участков использовалась ЦМР HydroSHEDS, базирующаяся на радарной съемке SRTM [Danielson, Gesch, 2011], показавшей наиболее корректное определение положения гидрографической сети в рельефе.

Объем поступающего в водный поток материала ( $W_{\text{русл}}$ ) в результате плановых русловых деформаций за многолетний период для каждого 10-километрового участка (в м<sup>3</sup>/год) составляет

$$W_{\text{русл}} = hLC_{\text{разм}}. \quad (11)$$

Для пересчета в единицы массы грунта использовалась средняя плотность размываемых грунтов 1,7 т/м<sup>3</sup> [Караушев, 1969].

Это позволило создать базу данных объемов поступления материала в русла рек за счет размыва берегов для периода с 1970-х гг. по настоящее время. Общая протяженность изученной русловой сети – более 14 000 км по длине Оби, Енисея, Лены, Камчатки и рек бассейна Селенги. Полученные результаты сопоставлялись с данными о стоке наносов исследуемых рек, приведенных в работах [Chalov и др., 2018; Chalov и др., 2019; Магрицкий, 2010].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По длине всех рек получены оценки высот берегов, уклонов русла, параметров размыва  $c_{\text{разм}}$ ,  $F$  и величины русловой составляющей стока наносов  $W_{\text{русл}}$ . Средняя высота берегов над межениным уровнем для исследуемых участков Лены составила 7,5 м, Оби – 4,3 м и Енисея – 9,8 м. Средняя скорость размыва берегов  $c_{\text{разм}}$  для рек Обь, Енисей и Лены оценивается в 0,8, 0,82 и 4,51 м/год соответственно, на Камчатке она составляет 2 м/год. Максимальная скорость размыва для рек Обь, Енисей и Лены достигает отметок 4,0, 12,6, 10,5 м/год соответственно.

Суммарный объем поступления продуктов русловой эрозии на участке 1680 км нижней Оби оценен величиной 151 млн т·год<sup>-1</sup>, на 1500-километровом участке Енисея – 15,9 млн т·год<sup>-1</sup>, а на 1800-километровом участке Лены – 338 млн т·год<sup>-1</sup> (рис. 2). На реке Камчатке общая площадь размываемых участков за период сопоставления (от 23 до 50 лет в зависимости от наличия снимков на участки реки) составила 23,5 км<sup>2</sup>, что соответствует средней величине 670 000 м<sup>2</sup>/год. В результате размыва берегов в русло р. Камчатки поступает около 4,6 млн т·год<sup>-1</sup> (табл. 2). В отдельные годы эта величина может увеличиваться в результате прорыва излучин.

В бассейне Селенги для основной части русловой сети (табл. 3) объем наносов, поступающих в русла рек, определен величиной 26,7 млн т·год<sup>-1</sup>, что на порядок меньше, чем объем наносов, поступающих в результате размыва берегов только в нижнем течении (около 1800 км) русла Лены и Оби (без притоков) (см. табл. 2). При этом 1000 км нижнего течения основного русла Селенги определяет больше половины этого объема (15,1 млн т·год<sup>-1</sup>). Максимальные для всего бассейна средние скорости размыва берегов (2,8 м/год) и самые протяженные фронты размыва берега (30%) отмечены для главного русла, при этом размыву подвержена значительная часть береговой линии. Здесь формируются протяженные эрозионные участки берега, отступающие со скоростями 3–5 м/год. Высокие темпы горизонтальных русловых деформаций (1–3 м/год), зафиксированы на отдельных участках верхнего

и нижнего течения Чикоя, на левобережных притоках Селенги (Мурен, Эгейн-гол, Джида), в верхнем течении Орхона. Однако в свободных условиях развития русловых деформаций скорости размыва берегов не превышают 1 м/год, а в большинстве случаев – до 0,5 м/год. Здесь размываемые берега приурочены в основном к вогнутым берегам излучин, а при недостаточной удельной мощности потока – к ее отдельным элементам. Объем поступления наносов руслового происхождения снижается по мере уменьшения размера рек.

нии – по 20% (3,7 тыс. м<sup>2</sup>·год<sup>-1</sup>·км<sup>-1</sup>). Максимальные интенсивности размыва приурочены к сужениям ширины русла и перекатным участкам. На всех реках соотношения интенсивности размывов правого и левого берега примерно одинаковые. Например, на реке Камчатке протяженность берега, подверженного размыву, составляет 37% длины левого и 44% длины правого.

Таблица 2

**Оценки поступления продуктов русловой эрозии в сток наносов для некоторых рек РФ ( $W_{русл}$ , млн т·год<sup>-1</sup>) на период с 1970-х гг. по настоящее время**

Расстояние от устья, км	Обь	Енисей	Лена	Селенга	Камчатка
0–100	3,1	*	*	1,9	0,08**
100–200	3,2	1,2	0,9	1,15	0,77
200–300	8,9	1,0	13,9	1,9	1,18
300–400	6,2	1,0	9,4	1,9	1,49
400–500	6,9	1,2	14,3	1,1	0,5
500–600	11,8	2,1	25,4	0,3	0,5
600–700	11,8	2,2	38,7	0,7	0,17
700–800	19,9	1,0	21,5		–
800–900	15,3	0,9	32,8	≈6	–
900–1000	9,2	0,2	37,5		–
1000–1100	15,4	0,2	29,2	–	–
1100–1200	2,4	0,2	32,4	–	–
1200–1300	7,2	0,8	18,1	–	–
1300–1400	4,5	3,9	17,5		
1400–1500	7,0		20,8		
1500–1600	6,6		10,5		
1700–1800	5,5		7,3		
<i>Итого</i>	<i>144,9</i>	<i>15,9</i>	<i>338</i>	<i>15,1</i> <i>(28,6)***</i>	<i>4,6</i>
	Сток наносов $W_R + W_G$ , млн т·год <sup>-1</sup>				
	58,2	32,5	38,6	2,5	2,5

Примечание. \* Для Енисея и Лены оценки даны для участка выше дельты.

\*\* Оценка дана для 30-километрового участка – отметки от 70 до 100 км от устья (выше урочища Большие Щеки).

\*\*\* В скобках дано значение, полученное при оценке для р. Селенги и ее притоков общей протяженностью 8617 км речной сети.

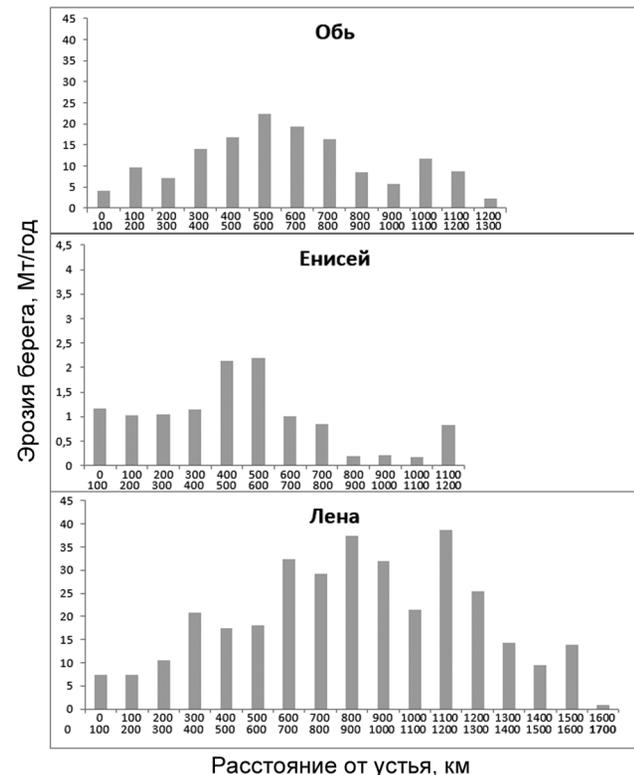


Рис. 2. Изменение площади размыва по длине участков Лены, Енисея, Оби

Fig 2. Changes in the areas of bank erosion along the length of the Lena, Yenisei and Ob rivers

Наибольшее влияние русловой эрозии на сток наносов оказывают участки разветвленного русла. В бассейне Селенги максимальные размывы (в среднем в вершинах излучин от 9 до 16 м/год) характерны для участка реки широкопойменного разветвленно-меандрирующего русла (табл. 3). При этом на участках широкопойменного разветвленного русла больше половины от всей площади русловой эрозии занимает размыв островов. На участке р. Лены от Покровска до Жиганска из общего объема поступающего в русла материала за счет размыва берегов 60% (11 тыс. м<sup>2</sup>·год<sup>-1</sup>·км<sup>-1</sup>) относится к островной эрозии и 40% – к береговой эрозии, причем левый и правый берег в равном соотноше-

По длине нижнего течения крупнейших рек отличия в проявлениях русловой эрозии определены геолого-геоморфологическими условиями развития русловых деформаций. Суммарный объем русловой эрозии на Оби (151 млн т·год<sup>-1</sup>) и Лене (338 млн т·год<sup>-1</sup>) значительно больше, чем на Енисее (15,9 млн т·год<sup>-1</sup>). Это объясняется распростра-

нением широкопойменных разветвленных русел на первых двух реках при преобладании врезанного и адаптированного русла на Енисее (см. табл. 1). При этом широкопойменные условия не являются исключительным фактором усиления русловой составляющей стока наносов. В частности, на Лене ограниченные условия развития русловых деформаций выражены значительно сильнее, чем на Оби. Большие объемы поступления наносов руслового происхождения объясняются интенсивными русловыми переформированиями, а также в среднем большей высотой размываемых берегов (7,5 м на Лене по сравнению с 4,3 м на Оби).

Таблица 3

**Расчеты объема поступления материала в русловую сеть р. Селенги и притоков в результате размыва берегов (в пределах основного русла или главного рукава)**

Река	Суммарный объем	
	м <sup>3</sup> /год	т/год
Джида	847 198	1 440 200
Дэлгэр-Мурэн	233 282	396 600
Идэр	412 960	702 000
Орхон	1 143 891	1 944 600
Селенга	7 304 712	12 418 000
Тамир	448 632	762 700
Туул	684 115	1 163 000
Уда	454 782	773 100
Хануйин	4 371	7 400
Хара	142 079	241 500
Хилок	509 027	865 300
Чикой	1 577 407	2 681 600
Чулутын	67 734	115 100
Эгийн	396 272	673 700
Эроо	25 834	43 900
<i>Всего по бассейну</i>	<i>14 252 297</i>	<i>24 230 000</i>
<i>С учетом размыва берегов на островах</i>		<i>26 700 000</i>

Другим фактором усиления русловой составляющей стока наносов на Лене можно считать водный режим и условия прохождения руслоформирующих расходов воды. Так, продолжительность руслонаполняющего расхода выше бровок поймы на Лене длится около 40 дней [Gautier et al., 2021; Hasholt et al., 2006], в то время как на Оби и Енисее всего 30 дней [Shiklomanov и др., 2021]. Частично это связано с минимальной антропогенной зарегулированностью стока на Лене. С другой стороны, для водного режима Лены характерны более высокие

и частые летние паводки. Причиной усиления русловой эрозии на Лене можно рассматривать также активизацию термоэрозионных процессов в период повышенного стока [Gautier et al., 2021]. Фактор разрушения многолетнемерзлых пород [Chalov et al., 2021; Magritsky et al., 2018] более существенен для этого бассейна, который на 90% [Strauss et al., 2021] расположен в зоне вечной мерзлоты. Он усиливается также за счет увеличения теплового стока, проявлением которого является рост подрусловых таликов [Rachold et al., 1996].

На реках меньшего размера (Селенга, Камчатка) скорости отступления берегов часто превышают соответствующие значения этого параметра на крупнейших реках, однако за счет меньшей высоты берегов в русла поступают меньшие объемы наносов руслового происхождения. Удельные объемы поступления наносов сопоставимы у Енисея, Селенги и Камчатки (около 1 млн т/год на 100 км русла) при отличии водности этих рек на один порядок величины.

На Селенге и Камчатке возрастает продольная неоднородность интенсивности русловых деформаций по сравнению с крупнейшими реками. В частности, на Камчатке при выходе из горной области происходит массовая аккумуляция поступающего материала и соответствующее ему увеличение неустойчивости русла, что определяет максимальные размывы берегов на этом участке (до 16 м/год), существенно снижающиеся ниже по течению [Чалов, Чалова, Школьный, 2021]. На реках меньшего размера русловая составляющая стока наносов имеет большую неоднородность во времени. На Камчатке прорывы излучин могут существенно увеличивать сток наносов в отдельные годы. Так, после произошедшего в 1993 г. прорыва излучины, приведшего к полному исчезновению покинутого поселка Машура, в русло р. Камчатки одновременно поступило до 1,03 млн т материала, что составляет около 46% годового стока наносов.

В масштабах русловой сети изменчивость русловой составляющей стока наносов определяется морфодинамическими типами русла. Характерной особенностью распределения  $W_{\text{русл}}$  является ее максимальный рост на главной реке бассейна, что связано с преобладанием здесь широкопойменного разветвленного русла и большой удельной мощностью потока, способствующих формированию протяженных эрозионных участков берега. В бассейне Селенги среди 15 проанализированных рек общей протяженностью 8617 км участки максимальных средних скоростей размыва берегов (2,8 м/год) и длины фронта размыва берега (30%) отмечены для главной реки. На реках меньшего размера интенсивность русловых переформирований меньше, либо протяженность участков интенсивного размыва

ва на них характерна только для коротких сегментов русла. Даже на крупнейших притоках в свободных условиях развития русловых деформаций скорости размыва берегов не превышают 1 м/год, а в большинстве случаев – до 0,5 м/год. Удельная доля поступления наносов  $W_{\text{русл}0}$  ( $\text{т} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{км}^{-1}$ ) почти в три раза выше по бассейну в пределах участков широкопойменного разветвленного русла, составляя здесь в среднем  $5,5 \text{ т} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{км}^{-1}$  (рис. 3).

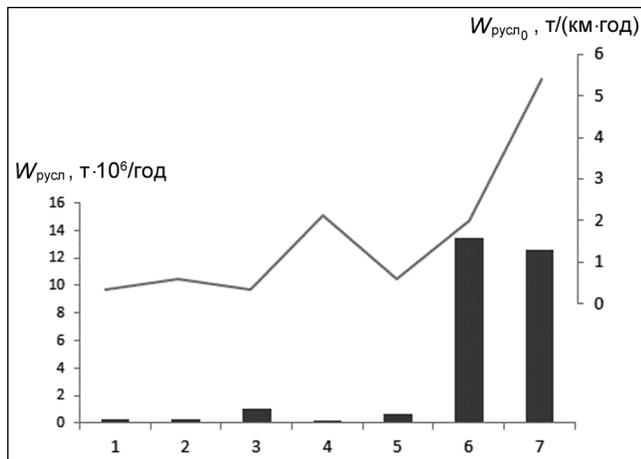


Рис. 3. Изменение интенсивности поступления продуктов русловой эрозии в пределах разных типов русел рек бассейна р. Селенги:

- 1 – горные реки, полугорные и равнинные реки, врезанные;
- 2 – относительно прямолинейные; 3 – меандрирующие;
- 4 – аккумулятивные разветвления, полугорные и равнинные реки, широкопойменные; 5 – относительно прямолинейные;
- 6 – меандрирующие; 7 – разветвленные

Fig. 3. Changes in the intensity of the input of bank erosion material within different types of river channels within the Selenga River basin: 1 – mountain rivers, semi-mountainous and lowland rivers, incised; 2 – relatively rectilinear; 3 – meandering; 4 – accumulative branchings, semi-mountainous and lowland rivers, with wide floodplains; 5 – relatively rectilinear; 6 – meandering; 7 – braided

В контексте балансовых оценок интересным представляется также сравнение объемов поступления материала в сток наносов за счет эрозии берегов и донной эрозии. Считается, что последний фактор максимально выражен в нижнем бьефе водохранилищ [Тена, Batalla, 2013]. Был определен объем донной эрозии в нижнем бьефе Новосибирского водохранилища, где наблюдались наиболее существенные темпы трансгрессивной эрозии среди крупнейших рек Сибири [Magritsky et al., 2018]. Здесь на 26 км нижнего бьефа за 1960–1973 гг. [Ботвинков и др., 2005] наблюдались темпы врезания средней мощностью 1,3 м [Куракова, Чалов, 2019]. При средней ширине русла 1000 м, а также при сред-

ней плотности донных отложений  $1700 \text{ кг}/\text{м}^3$ , объем донной эрозии, таким образом, можно оценить величиной  $4,4 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ . По сравнению с полученными оценками объемов поступления наносов в результате русловой эрозии для участка нижней и средней Оби (см. табл. 2) можно сделать вывод, что размывы берегов играют ведущую роль в формировании русловой составляющей стока наносов, определяя формирование более 95% материала руслового происхождения.

Полученные результаты определения объемов русловой эрозии позволяют сделать выводы о балансе наносов крупных речных бассейнов. В нижнем течении крупнейших рек величина поступления продуктов русловой эрозии сопоставима со стоком наносов (см. табл. 2), а учитывая, что они непосредственно поступают в русла реки, можно предполагать крайне высокие значения генетических коэффициентов русловой эрозии  $a_{\text{рг}}$ . Русловая составляющая стока наносов подчиняется широтной зональности и подвержена масштабным эффектам (зависит от размера рек). По длине средней (ниже слияния с р. Вах) и нижней Оби, а также нижнего Иртыша (ниже Горноправдинска) в результате русловых деформаций в русло поступает  $33,5 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ , что меньше стока наносов в замыкающем створе. Объемы наносов, поступающих в русла рек в результате русловой эрозии в пределах речных бассейнов южных рек, где широко распространены слабоустойчивые и неустойчивые русла, могут значительно превышать сток наносов рек (в бассейне Селенги – в 11 раз) (см. табл. 3). Высоких значений редукция стока наносов руслового происхождения достигает в предгорных регионах, отличающихся экстремальной степенью русловых переформирований. В бассейне Камчатки только по длине главной реки объем продуктов русловой эрозии в два раза превышает сток наносов в замыкающем створе, т. е. не менее половины материала, поступающего за счет размыва берегов, аккумулируется в русле.

### ВЫВОДЫ

Обширная база пространственных данных, созданная методами полу-автоматизированной обработки космических снимков позволила выполнить анализ пространственных закономерностей важнейшего проявления русловых деформаций – размывов берегов. Дана оценка основных закономерностей формирования русловой составляющей стока наносов Оби, Енисея, Лены, Селенги и Камчатки:

1. Суммарный объем поступления продуктов русловой эрозии на участке 1680 км нижней Оби составляет  $151 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ , на 1500-километровом участке Енисея –  $15,9 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ , на 1800-километровом участке Лены –  $338 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ , а в нижнем течении р. Камчатки (700 км) –  $4,6 \text{ млн т} \cdot \text{год}^{-1}$ . Горизон-

тальные деформации по длине 15 крупнейших рек бассейна Селенги общей протяженностью 8617 км определяют поступление 26,7 млн т·год<sup>-1</sup> наносов руслового происхождения. Отличия в проявлениях русловой эрозии определены геолого-геоморфологическими условиями и размерами рек, важную роль играют условия прохождения руслоформирующих расходов и распространение вечной мерзлоты.

2. Интегральным фактором формирования русловой составляющей стока наносов являются морфодинамические типы русла. Отмеч увеличение роли русловой составляющей стока наносов на главной реке бассейна, что связано с преобладанием здесь широкопойменного разветвленного русла и большой удельной мощностью потока, которые способствуют формированию протяженных размываем участков берега. Размывы берегов широкопойменных рек значительно превышают темпы вертикальных деформаций даже на участках направленного врезания (нижние бьефы). На участках разветвленного русла важнейшую роль в фор-

мировании русловой составляющей стока наносов играют размывы островов (более 50%).

3. В нижнем течении крупных рек возрастают относительные (относительно замыкающего потока наносов) значения вклада поступления наносов в результате размыва берегов. В ограниченных условиях развития русловых деформаций объем поступления наносов руслового происхождения в два раза меньше стока наносов в два раза для Енисея. На широкопойменных реках кратность превышения объемов русловой эрозии над стоком наносов варьирует от 2–3 раз (Камчатка и Обь) до 6–8 (Лена и Селенга) и до более 10 при учете вклада размыва берегов на крупнейших притоках.

Полученные оценки увеличивают изученность вопроса соотношения русловой и бассейновой составляющих в стоке наносов. Они полезны при прогнозировании русловых переформирований, а также для оценки экологических и социально-экономических последствий проявлений русловых процессов.

**Благодарности.** Оценки по бассейну Лены выполнены при финансовой поддержке РНФ, проект 21-17-00181. Обобщение данных – по госзаданию № 121051100166-4 научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева МГУ имени М.В. Ломоносова.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с.
- Ботвинков В.М., Рулева С.Н., Седых В.Л., Чалов Р.С. Гидроэкологические проблемы русла р. Оби в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС // Эрозионные и русловые процессы. 2005. Т. 4. С. 90–103.
- Гусаров А.В. Основные закономерности соотношения русловой и бассейновой составляющих эрозии и стока взвешенных наносов в речных бассейнах северной Евразии // Геоморфология. 2015. № 4. С. 3–20.
- Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1984. 264 с.
- Иванов В.А., Чалов С.Р. Оценка баланса наносов рек Обь и Енисей // Геоморфология. 2021. Т. 3. С. 79–89.
- Караушев А.В. Речная гидравлика. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 415 с.
- Куракова А.А., Чалов Р.С. Размывы берегов на широтном участке средней Оби и их связь с морфологией русла // Географический вестник. 2019. № 3(50). С. 34–47.
- Магрицкий Д.В. Годовой сток взвешенных наносов российских рек водосбора Северного Ледовитого океана и его антропогенные изменения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2010. № 6. С. 17–24.
- Сидорчук А.Ю. Баланс наносов в эрозионно-русловых системах // Геоморфология. 2015. Т. 1. С. 14–21.
- Чалов С.Р., Чалова А.С., Школьный Д.И. Количественная оценка плановых переформирований реки Камчатки // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 2. С. 218–230. DOI: 10.31857/s2587556621020035.
- Bracken L.J. Overland Flow and Soil Erosion, *Sediment Cascades*, 2010, p. 181–216.
- Burt T.P., Allison R.J. Sediment Cascades in the Environment: An Integrated Approach, *Sediment Cascades: An Integrated Approach*, 2009, p. 1–15.
- Chalov S., Prokopenko K., Habel M. North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data, *Remote Sens.*, 2021, vol. 13, no. 22, p. 45–49.
- Chalov S.R., Shuguang L., Chalov R.S. et al. Environmental and human impacts on sediment transport of the largest Asian rivers of Russia and China, *Environ. Earth Sci.*, 2018, vol. 77, no. 7, p. 1–14.
- Chalov S.R., Potemkina T.G., Pashkina M.P. et al. Long-term changes of the budget of suspended sediment in the deltas of the tributaries of Lake Baikal, *Meteorol. Hydrol.*, 2019, vol. 10, p. 50–59.
- Church M., Slaymaker O. Disequilibrium of Holocene sediment yield in glaciated British Columbia, *Nature*, 1989, vol. 337, no. 6206, p. 452–454.
- Danielson J.J., Gesch D.B. Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010), Open-File Report 2011–1073, U.S., Geological Survey, 2011, p. 34.
- Tena A., Batalla R.J. The sediment budget of a large river regulated by dams (The lower River Ebro, NE Spain), *J. Soils Sediments.*, 2013, vol. 13, p. 966–980.
- Ferro V., Minacapilli M. Sediment delivery processes at basin scale, *Hydrol. Sci. J.*, 1995, vol. 40, no. 6, p. 703–717.
- Gautier E., Dépret T., Caverio J. et al. Fifty-year dynamics of the Lena River islands (Russia): Spatio-temporal pattern

- of large periglacial anabranching river and influence of climate change, *Sci. Total Environ.*, 2021, vol. 783, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147020.
- Hasholt B., Bobrovitskaya N., Bogen J., Walling E. Sediment transport to the Arctic Ocean and adjoining cold oceans, *Nord. Hydrol.*, 2006, vol. 37, no. 4–5, p. 413–432.
- Magritsky D.V., Frolova N.L., Evstigneev V.M., Povalishnikova I.E.S., Kireeva M.D., Pakhomova O.M. Long-term changes of river water inflow into the seas of the Russian arctic sector, *Polarforschung*, 2018, vol. 87, no. 2, p. 177–194.
- Moreido V.M., Kalugin A.S. Assessing possible changes in Selenga R. water regime in the XXI century based on a runoff formation model, *Water Resour.*, 2017, vol. 44, no. 3, p. 390–398.
- Porter C., Morin P., Howat I. et al. Harvard Dataverse, ArcticDEM, 2016, vol. 1, URL: <https://doi.org/10.7910/DVN/ОННУКН> (дата обращения 09.12.20).
- Pekel J.F., Cottam A., Gorelick N., Belward A.S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes, *Nature*, 2016, vol. 540, p. 418–422.
- Rachold V., Alabyan A., Hubberten H.W., Korotaev V.N., Zaitsev A.A. Sediment transport to the Laptev Sea – Hydrology and geochemistry of the Lena River, *Polar Res.*, 1996, vol. 15, no. 2, p. 183–196.
- Shiklomanov A., Déry S., Tretiakov M. et al. River Freshwater Flux to the Arctic Ocean, Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems. Cham: Springer International Publishing, 2021, p. 703–738.
- Strauss J., Schirrmeister L., Fedorov A. et al. Circum-Arctic Map of the Yedoma Permafrost Domain, *Front. Earth Sci.*, 2021, vol. 9, p. 1–19.
- Walling D.E. The sediment delivery problem, *J. Hydrol.*, 1983, vol. 65, no. 1–3, p. 209–237.
- Walling D.E., Collins A.L. Suspended sediment sources in British rivers, *Sediment Budgets 1 IAHS Publ.*, 2005, no. 291, p. 123–133.

Поступила в редакцию 27.04.2023

После доработки 15.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## CHANNEL COMPONENT OF SEDIMENT YIELD: SPECIFIC FEATURES FOR THE LARGE RIVERS OF RUSSIA

S.R. Chalov<sup>1</sup>, A.S. Zavadsky<sup>2</sup>, P.P. Golovlev<sup>3</sup>, V.A. Ivanov<sup>4</sup>

<sup>1–4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes

<sup>1</sup> Associate Professor; D.Sc. in Geography; e-mail: [srchalov@geogr.msu.ru](mailto:srchalov@geogr.msu.ru)

<sup>2</sup> Leading Scientific Researcher; Ph.D. in Geography; e-mail: [az200611@rambler.ru](mailto:az200611@rambler.ru)

<sup>3</sup> Junior Scientific Researcher; e-mail: [pavel\\_golovlev@list.ru](mailto:pavel_golovlev@list.ru)

<sup>4</sup> Technician; e-mail: [viktoro.1998@yandex.ru](mailto:viktoro.1998@yandex.ru)

Bank and riverbed erosion produce a significant part of the sediment flux, i.e. its channel component. The article deals with the quantitative assessment of the channel sediment input for more than 14 000 km of the lower reaches of the Ob, Yenisei, Lena, Kamchatka and the Selenga River net. The absolute volumes of sediments supplied by bank erosion are maximum for the lower and middle Lena River (up to 38,7 million tons per year per 100 km of the channel). They are significantly lower for the lower and middle Ob River (down to 19,9 million tons per year per 100 km of the channel), and an order of magnitude smaller (about 2 million tons per year) for the Yenisei River because of the limited conditions for the development of channel processes, and for the Selenga and Kamchatka rivers because of the smaller size of rivers. The volume of sediments of channel origin is two times smaller, than the sediment runoff, for the Yenisei River and exceeds the sediment runoff up to 9 times for other rivers. The maximum rates of bank erosion are common for meandering and branched channels with wide floodplains. Most of the bank erosion within the braided sections of channels is the deformation of islands.

**Keywords:** bank erosion, sediment budget, suspended load, Lena River, Yenisei River, Ob River, Selenga River, Kamchatka River

**Acknowledgements.** The Lena basin assessments were financially supported by the Russian Science Foundation (project 21-17-00181). Generalization of data was carried out according to the state task no. 121051100166-4 of the Makkaveev Laboratory of soil erosion and fluvial processes of the Lomonosov Moscow State University.

## REFERENCES

- Alekseevskij N.I. *Formirovanie i dvizhenie rechnyh nanosov* [Formation and transport of river sediments], Moscow, Publ. MSU, 1998, 202 p. (In Russian)
- Botvinkov V.M., Ruleva S.N., Sedyh V.L., Chalov R.S. Hidroekologicheskie problemy rusla r. Obi v nizhnem b'efe Novosibirskoj GES [Hydroecological problems of the Ob River channel in the tail bay of the Novosibirsk HPS], *Jerozionnye i ruslovyje process*, 2005, vol. 4, p. 90–103. (In Russian)
- Bracken L.J. Overland Flow and Soil Erosion, *Sediment Cascades*, 2010, p. 181–216.
- Burt T.P., Allison R.J. Sediment Cascades in the Environment: An Integrated Approach, *Sediment Cascades: An Integrated Approach*, 2009, p. 1–15.
- Chalov S.R., Potemkina T.G., Pashkina M.P., Kasimov N.S. et al. Long-term changes of the budget of suspended sediment in the deltas of the tributaries of Lake Baikal, *Meteorol. Hydrol.*, 2019, vol. 10, p. 50–59.
- Chalov S., Prokopenko K., Habel M. North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data, *Remote Sens*, 2021, vol. 13, no. 22, p. 45–49.
- Chalov S.R., Shuguang L., Chalov R.S. et al. Environmental and human impacts on sediment transport of the largest Asian rivers of Russia and China, *Environ. Earth Sci.*, 2018, vol. 77, no. 7, p. 1–14.
- Chalov S.R., Chalova A.S., Shkol'nyj D.I. Kolichestvennaja ocenka planovyh pereformirovanij reki Kamchatki [Quantitative assessment of channel planform changes of the Kamchatka River], *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija geograficheskaja*, 2021, vol. 85, no. 2, p. 218–230, DOI: [org/10.31857/s2587556621020035](https://doi.org/10.31857/s2587556621020035). (In Russian)
- Church M., Slaymaker O. Disequilibrium of Holocene sediment yield in glaciated British Columbia, *Nature*, 1989, vol. 337, no. 6206, p. 452–454.
- Danielson J.J., Gesch D.B. Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010), *Open-File Report 2011–1073, U.S., Geological Survey*, 2011, p. 34.
- Dechkov A.P., Mozherin V.I. *Erozija i stok nanosov na Zemle* [Erosion and sediment flux on the Earth], Kazan, Publ. Kazan. Un-t, 1984, 264 p. (In Russian)
- Ferro V., Minacapilli M. Sediment delivery processes at basin scale, *Hydrol. Sci. J.*, 1995, vol. 40, no. 6, p. 703–717.
- Gautier E., Dépret T., Cavero J. et al. Fifty-year dynamics of the Lena River islands (Russia): Spatio-temporal pattern of large periglacial anabranching river and influence of climate change, *Sci. Total Environ.*, 2021, vol. 783, DOI: [org/10.1016/j.scitotenv.2021.147020](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147020).
- Gusarov A.V. Osnovnye zakonomernosti sootnoshenija ruslovoj i bassejnovoj sostavljajushhij jerozii i stoka vzveshennyh nanosov v rechnyh bassejnah severnoj Evrazii [The main regularities of the ratio between riverbed and basin components of erosion and suspended sediment flux in the Northern Eurasia's River basins], *Geomorfologija*, 2015, no. 4, p. 3–20. (In Russian)
- Hasholt B., Bobrovitskaya N., Bogen J., Walling E. Sediment transport to the Arctic Ocean and adjoining cold oceans, *Nord. Hydrol.*, 2006, vol. 37, no. 4–5, p. 413–432.
- Ivanov V.A., Chalov S.R. Ocenka balansa nanosov rek Ob' i Enisei [Sediment budget assessment of the Ob and the Enisei], *Geomorfologija*, 2021, no. 3, p. 79–89. (In Russian)
- Karashev A.V. *Rechnaja gidravlika* [River hydraulics], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1969, 415 p. (In Russian)
- Kurakova A.A., Chalov R.S. Razmyvy beregov na shirotnom uchastke srednej Obi i ih svjaz' s morfologiej rusla [Shores erosion within latitudinal section of the Middle Ob and its correlation with morphology of the channel], *Geograficheskij vestnik*, 2019, no. 3(50), p. 34–47. (In Russian)
- Magrickij D.V. Godovoj stok vzveshennyh nanosov rossijskih rek vodosbora Severnogo Ledovitogo okeana i ego antropogennye izmenenija [Annual suspended matter flow of the Russian rivers belonging to the Arctic Ocean basin and its anthropogenic transformation], *Vestn. Moscow. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2010, no. 6, p. 17–24. (In Russian)
- Magritskij D.V., Frolova N.L., Evstigneev V.M. et al. Long-term changes of river water inflow into the seas of the Russian arctic sector, *Polarforschung*, 2018, vol. 87, no. 2, p. 177–194.
- Moreido V.M., Kalugin A.S. Assessing possible changes in Selenga R. water regime in the XXI century based on a runoff formation model, *Water Resour.*, 2017, vol. 44, no. 3, p. 390–398.
- Pekel J.F., Cottam A., Gorelick N., Belward A.S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes, *Nature*, 2016, vol. 540, p. 418–422.
- Rachold V., Alabyan A., Hubberten H.W., Korotaev V.N., Zaitsev A.A. Sediment transport to the Laptev Sea – Hydrology and geochemistry of the Lena River, *Polar Res.*, 1996, vol. 15, no. 2, p. 183–196.
- Shiklomanov A., Déry S., Tretiakov M. et al. River Freshwater Flux to the Arctic Ocean, Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems, *Cham: Springer International Publishing*, 2021, p. 703–738.
- Sidorchuk A.Ju. Balans nanosov v jerozionno-ruslovyh sistemah [Sediment balance in the erosion-deposition systems], *Geomorfologija*, 2015, no. 1, p. 14–21. (In Russian)
- Strauss J. Schirrmeister L., Fedorov A. et al. Circum-Arctic Map of the Yedoma Permafrost Domain, *Front. Earth Sci.*, 2021, vol. 9, p. 1–19.
- Tena A., Batalla R. J. The sediment budget of a large river regulated by dams (The lower River Ebro, NE Spain), *J. Soils Sediments*, 2013, vol. 13, p. 966–980.
- Walling D.E. The sediment delivery problem, *J. Hydrol.*, 1983, vol. 65, no. 1–3, p. 209–237.
- Walling D.E., Collins A.L. Suspended sediment sources in British rivers, *Sediment Budgets 1 IAHS Publ.*, 2005, no. 291, p. 123–133.
- Porter C., Morin P., Howat I. et al. Harvard Dataverse, *ArcticDEM*, 2016, vol. 1, URL: <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH> (access date 09.12.20).

Received 13.02.2023

Revised 15.04.2023

Accepted 24.05.2023

---

---

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

---

---

УДК 911.2 (470)

**ДЕНДРОХРОНОИНДИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ МЕСТНОГО КЛИМАТА  
ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НАДЫМА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ**

**Ю.Н. Бочкарев<sup>1</sup>, К.Н. Дьяконов<sup>2</sup>, А.В. Соромотин<sup>3</sup>, О.С. Сизов<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,  
кафедра физической географии и ландшафтоведения*

<sup>1</sup> *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН*

<sup>3</sup> *Тюменский государственный университет, НИИ экологии и рационального использования  
природных ресурсов Тюменского государственного университета*

<sup>4</sup> *Институт проблем нефти и газа РАН, лаборатория комплексного геолого-геофизического изучения  
и освоения нефтегазовых ресурсов континентального шельфа*

<sup>1</sup> *Канд. геогр. наук, инженер; e-mail: uboch@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Проф., чл.-корр. РАН, д-р геогр. наук; e-mail: diakonov.geofak@mail.ru*

<sup>3</sup> *Директор, доц., д-р биол. наук; e-mail: asoromotin@mail.ru*

<sup>4</sup> *Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: kabanin@yandex.ru*

На основе дендрохронологического анализа 55 кернов лиственницы сибирской, взятых в редкостойном кедрово-лиственничном травянистом лесу в пределах г. Надыма и на пробной площади-аналоге в 26 км от Надыма в редкостройном кедрово-лиственничном зеленомошно-лишайниковом лесу, выявлена динамика фитопродукционного процесса с 1700 по 2020 г. Сопоставление графиков обобщенных дендрохронологий позволяет заключить, что до начала активного роста города в 1972 г. прирост на контрольном участке был более изменчив и больше на 1/3, чем в пределах города. При расширении площади города за последние 50 лет прирост в его черте вырос в 2,4 раза по сравнению с контрольной площадью. Проведен анализ статистических характеристик выборок, показывающий значимость влияния города на прирост лиственниц. Использован метод пространственных разностей температуры воздуха между Надымом и Тарко-Сале, расположенном в 250 км на юго-восток. Потепление в зимний период в Надыме составило 2,8°C, что на 0,7°C больше, чем в Тарко-Сале. Потепление в летний период практически одинаково и составило 1,3–1,4°C при среднем квадратическом отклонении многолетнего ряда в 1,8°C. Повышение температуры воздуха в Надыме не могло не сказаться на приросте лиственницы. Другие важные факторы роста биопродуктивности – отепляющее влияние города (снижение затрат энергии на испарение и увеличение затрат энергии на теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой) и агролесомелиорация естественных лесов.

**Ключевые слова:** дендроиндикация, местный климат, города Надым и Тарко-Сале, метод пространственных разностей температуры во времени, антропогенные факторы потепления

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.12

### ВВЕДЕНИЕ

Отраслевые и комплексные физико-географические исследования на севере Западно-Сибирской равнины ведутся более 60 лет, начиная с проекта создания Нижнеобского водохранилища. Фронт работ был расширен в связи с интенсивным освоением месторождений нефти и газа, а очевидное потепление климата повысило их актуальность. Изучение биопродуктивности на северной границе леса в Западной Сибири позволили сделать вывод, что вклад геофизических факторов (температуры воздуха и геомагнитного индекса АА) составляет 46%, вклад

активности Солнца (индикатор числа Вольфа) и барического центра Солнечной системы (БЦСС) – 22%. На долю указанных факторов приходится 66% [Дьяконов, Бочкарев, Ретеюм, 2012]. Большое значение для понимания роли космических факторов с биопродукционным процессом имел установленный Т. Ландшайдтом [Landscheidt, 1999] эффект относительного перемещения Солнца и БЦСС. Рост температуры в пределах всего макрорегиона на северной границе таежной зоны Западной Сибири во многом связан с внутренней активностью Земли [Дьяконов, Ретеюм, 2020]. На локальном уровне

(фаций и урочищ) реакция деревьев в целом положительная, но далеко не всегда [Бочкарев, 2006; 2014; Ваганов, Шиятов, 2005; Дьяконов, Бочкарев, 2019].

В изменении современного климата есть несколько причин. Основная из них, по мнению климатологов, – антропогенный фактор, хозяйственная деятельность человека. Эта концепция признается большинством климатологов и частью ландшафтоведов [Голеусов, Нетреба, 2023]. Однако, влияние на климат и его важнейшие показатели (температура воздуха и атмосферные осадки) может быть связано и с другими факторами, которые проявлялись как в течение многомиллионной истории нашей планеты, так и в настоящее время.

Важна роль фактора соседства – латеральных связей внутри ландшафта. Увеличение радиального прироста деревьев может быть связано с изменением физических свойств подстилающей поверхности: отражательной способности потока солнечной энергии, удельной теплоемкости и теплопроводности. Особый интерес представляет территория агломераций, над которыми формируется «теплая шапка» воздуха, фиксируемая на космических снимках и метеорологических станциях.

Цель исследования – охарактеризовать региональный феномен роста биопродуктивности лиственницы (*Larix sibirica* – *L.*) в пределах городской территории Надыма на севере Западно-Сибирской равнины.

Задачи исследования:

- построить обобщенные хронологии годового радиального прироста лиственниц (в миллиметрах) в черте города Надыма (парк имени Козлова) и на контрольной пробной площади в сходных ландшафтных условиях с парком (дренированная надпойменная терраса реки Надым), но с практически отсутствием антропогенного влияния;

- построить совместные графики этих хронологий и визуально оценить, есть ли значимые отличия прироста лиственниц между этими пробными площадями после основания города Надыма (1972–2020) и в период от начала хронологий до года его образования (1700–1971);

- оценить статистическую значимость различий описанных выше выборок, применив методы сравнения выборок и построив графики «ящик с усами»;

- сопоставить полученные результаты и сделать выводы о степени влияния антропогенных факторов в черте Надыма на продуктивность растительности и причинах этого влияния.

**Объект изучения.** Для выявления возможного влияния строительства и развития города на годичный радиальный прирост древостоя была выбрана территория парка культуры и отдыха имени Е.Ф. Козлова – участка сохранившегося леса в черте города. Географические координаты –

65°32′02,45″ с. ш. 72°31′05,16″ в. д. Парк находится на слабоволнистой и плоской поверхности надпойменной террасы реки Надым. Преобладает лиственный с примесью кедра редкостойный древостой. Моховой-лишайниковый покров с кустарничками практически уничтожен из-за антропогенной нарушенности и заменен травянистым злаковым с небольшим проективным покрытием. Почва – подзол иллювиально-железистый. Для выявления антропогенного влияния города на прирост лиственниц в парке была заложена контрольная пробная площадь в сходных по природным условиям произрастания деревьев ПТК, но практически не подверженная антропогенному влиянию – урочище надпойменной террасы р. Надым в 26 км к юго-востоку от города. Оба урочища находятся на достаточно дренированных плоских и пологоволнистых поверхностях, сложенных мощными песками с отсутствием многолетней мерзлоты. На контрольном урочище растительность представлена редкостойной сосново-лиственнично-кедровой зеленомошно-лишайниковой с примесью кустарничков тайгой на подзоле иллювиально-железистом. Возраст отобранных лиственниц составляет 150–350 лет.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В парке были отобраны керны с двух противоположных диаметров ствола приростным буром Пресслера с использованием мощного шуруповерта. Для измерения ширины годовых колец и был использован полуавтоматический комплекс LINTAB 5 и программный пакет TSAP WIN. Далее рассчитывались медианы прироста по каждому году по всем деревьям пробной площади и составлены таким образом обобщенные дендрохронологии по годовым радиальным приростам лиственниц как в парке, так и для контрольной территории. Затем были построены совместные графики хронологий. Количество проб: с 27 лиственниц (преобладающей древесной породы с наибольшим возрастом – 140–350 лет) в парке и с 28 лиственниц с контрольного участка, где его влияние, вероятно, не сказывается. По измерениям годового радиального прироста деревьев из каждой пробной площади составлены обобщенные оценки различий в динамике прироста и выявления возможного влияния города Надыма на прирост. Затем были построены совместные графики дендрохронологий. Построение индексированных хронологий в данном случае не требовалось, так как согласно методике исследований достаточно сопоставить выборки годового радиального прироста в миллиметрах с пробных площадей в черте города и на контрольном участке, где влияния Надыма не проявлялось как до начала строительства в 1972 г., так и после его интенсивной застройки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из графиков хронологий, за 220-летний период до начала активного освоения города (до 1970 г.) прирост в контрольном ПТК был в целом более изменчив, чем на территории современного парка, несмотря на сходные природные условия (рис. 1). В целом прирост был немного выше на контрольной территории, но были периоды, когда прирост в обеих геосистемах до строительства Надыма был примерно одинаков (1815–1856 и 1932–1971 гг.). Это говорит о влиянии индивидуальных особенностей динамики этих ПТК на прирост лиственниц, которые требуют дополнительных исследований. Одна из версий – низовые лесные пожары. Однако после 1972 г., т. е. уже спустя 2–3 года после

активной застройки Надыма, на территории парка прирост лиственниц резко увеличился по сравнению с контрольным ПТК, что видно на графике, причем это увеличение было аномально большим, не наблюдавшимся ранее за весь период роста лиственниц на обеих территориях. Это свидетельствует о неоспоримом положительном влиянии развития города на прирост древостоя в парке имени Козлова.

Для доказательства статистической достоверности результатов, полученных визуально по графикам, был применен t-тест сравнения выборок годичного радиального прироста лиственниц между контрольным ПТК и парком отдельно за периоды 1700–1971 и 1972–2020 гг. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Статистическая оценка значимости влияния Надыма на прирост лиственниц

Годы	Среднеголетний прирост, мм/год		t	p(t)	Размер выборки		Стандартное отклонение		F	p(F)
	Контрольная площадка	Парк			Контрольная площадка	Парк	Контрольная площадка	Парк		
1972–2020	0,31	0,75	36,2	0,00	2352	2036	0,18	0,56	9,59	0,00
1700–1971	0,41	0,30	19,6	0,00	7297	5327	0,27	0,30	1,20	0,00

Примечание: t – t-критерий Стьюдента для независимых выборок, p(t) – уровень статистической значимости при t-критерии Стьюдента, F – F-критерий Фишера, p(F) – уровень статистической значимости при F-критерии Фишера.

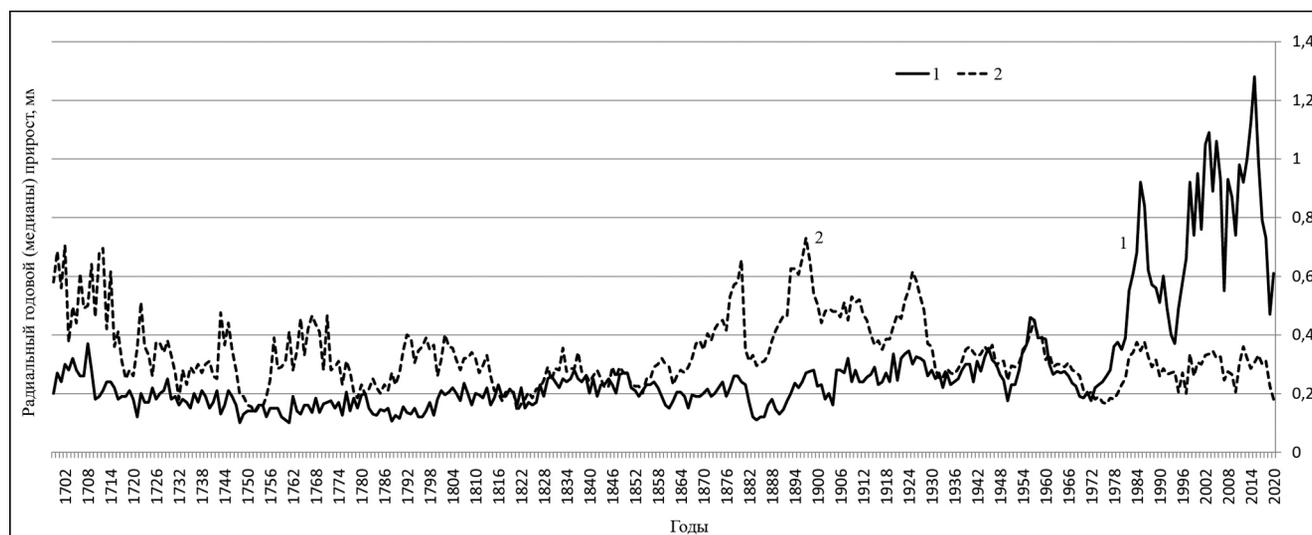


Рис. 1. График радиального годового прироста лиственниц (медианы по всем деревьям с пробной площади за каждый год, мм) в парке имени Е.Ф. Козлова (1) и в контрольном ПТК (2)

Fig. 1. Graph of radial annual growth of larches (median for all trees from the sample plot for each year, mm) in the park named after E.F. Kozlov (1) and in the control PTC (2)

Этот тест однозначно подтверждает полученные выводы. В годы активного развития Надыма средний прирост лиственниц в парке составил 0,75 мм, а в контрольном ПТК – 0,31 мм. В годы до строительства города на территории будущего парка прирост равнялся 0,30, а в контрольном ПТК – 0,41 мм. В обоих случаях достоверность разности средних подтверждается t-тестом, но в наибольшей степени различие проявляется в годы антропогенного освоения территории парка (рис. 2).

Для установления изменения регионального и местного климата в биопродукционном процес-

се использован метод расчета пространственных разностей температур воздуха в летний и зимний периоды 1960–1971 и 1972–2020 гг. между метеостанциями в Надыме и Тарко-Сале. Тарко-Сале расположен в 250 км к юго-востоку от Надыма. Территории городов относятся к одной северо-таежной Надым-Пурской физико-географической провинции и региональной синоптической зоне с незначительно более континентальным климатом в Тарко-Сале. Продолжительность летнего периода (июнь – август) составляет 92 дня, зимнего (ноябрь – март) – 151 день.

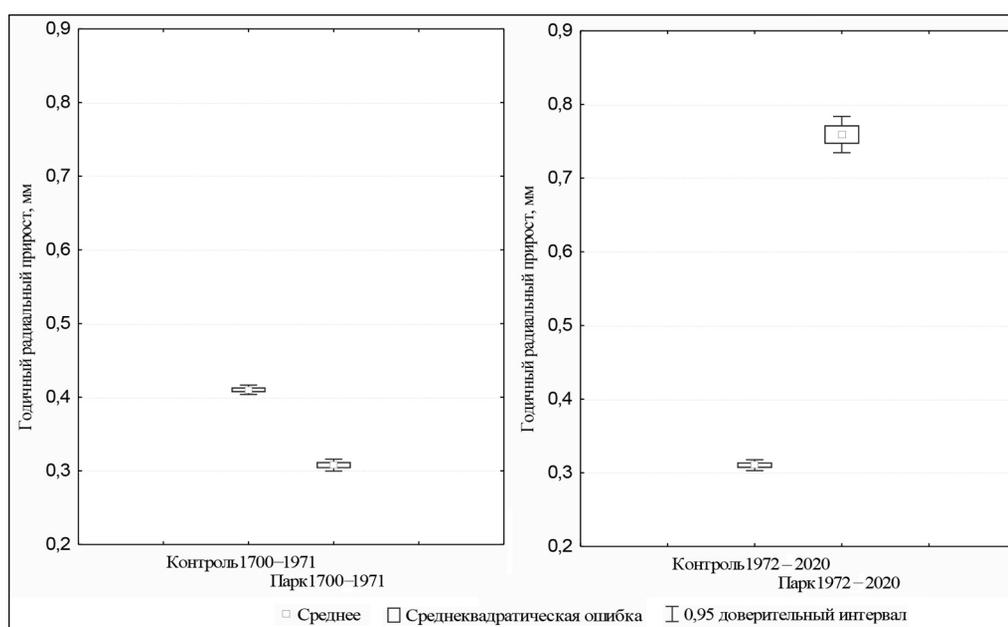


Рис. 2. Различие средних величин годовых радиальных приростов лиственниц из парка города Надым и контрольного ПТК в период активного строительства и развития города Надым (1972–2020)

Fig. 2. Difference in the average values of annual radial growth of larches from the park of the city of Nadym and the control PTC during the period of active construction and development of the city of Nadym (1972–2020)

Таблица 2

**Динамика средних сезонных температур воздуха в Надыме и Тарко-Сале с 1960 по 2020 г.**

Сезон	Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °С		Динамика температуры, °С
		1960–1971 гг.	1972–2020 гг.	
Зима	Надым	–20,7	–18,9	+2,8
	Тарко-Сале	–21,3	–19,2	+2,1
	Разница	+0,6	+0,3	+0,7
Лето	Надым	+11,8	+13,2	+1,4
	Тарко-Сале	+12,3	+13,6	+1,3
	Разница	–0,5	–0,4	+0,1

Источники: Надым – [<http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm>], Тарко-Сале – [<http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm>].

Повышение зимних и летних температур воздуха носит региональный характер, но не выходит за пределы среднего квадратического отклонения средних месячных температур воздуха, которые равны для периода ноябрь – март в среднем по метеостанции Тарко-Сале  $4,6^{\circ}\text{C}$ . Среднее квадратическое отклонение средних месячных температур воздуха за период июнь – август составляет  $1,8^{\circ}\text{C}$  [Справочник по климату СССР..., 1976]. На основании этого можно заключить, что повышение зимних температур может повлиять на почвенный климат в теплые зимы и вызвать более раннее начало вегетационного периода, что, в свою очередь, повысит фитопродуктивность древостоев. Рост температуры в летний период и увеличение вегетационного периода должны были сказаться на интенсивности радиального прироста деревьев. Аналогичные результаты были получены Н.Г. Москаленко [2009] и Ю.П. Солдатенковой [1965]. Но интенсивный прирост безусловно связан не столько с региональным фактором потепления, сколько с локальными (внутриландшафтными) факторами. Площадь Надыма с 20 км<sup>2</sup> в 1972 г. к 2020 г. возросла до 185 км<sup>2</sup>, а численность населения соответственно с 20 тыс. выросла до 46 тыс. человек. Ряд автомагистралей имеет дренажно-коллекторную сеть, сократилась площадь заболоченных территорий, более темные

поверхности тротуаров и автомобильных дорог в летний период характеризуются значениями альбедо в 10–15%, что на 5–12% меньше, чем зеленые поверхности растительного покрова. Расширение площади города и его инфраструктура в зимний период формируют шапку тепла. Летом за счет сокращения затрат энергии на испарение возрастают ее затраты на турбулентный теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой, и возрастает поток энергии в почву.

## ВЫВОДЫ

Установленное значительное улучшение условий произрастания древостоя в парке имени Е.Ф. Козлова в Надыме может быть частично объяснено потеплением регионального климата и города, изменениями почвенного климата в связи с проведением культуртехнических работ: значительного уничтожения густого кустарничково-мохово-лишайникового покрова, который ранее выступал теплоизолятором и замедлял прогревание почв. Таким образом, антропогенные факторы преобразования ландшафтов на локальном уровне более значимы, чем рост температуры регионального климата. Полученный результат показывает, что небольшие массивы лесов в городских антропогенных ландшафтах увеличивают биоразнообразие.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочкарев Ю.Н.* Изучение внутривековой динамики ландшафтов северной тайги Западной Сибири методами дендрохронологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2006. № 3. С. 62–67.
- Бочкарев Ю.Н.* Многолетняя динамика бугров пучения на севере Западной Сибири по данным дендрохронологии // Вопросы географии. Т. 138. М.: Кодекс, 2014. С. 251–270.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г.* Дендроклиматические и дендрохронологические исследования в Северной Евразии // Лесоведение. 2005. № 4. С. 18–27.
- Голеусов П.В., Нетреба А.А.* Перспективы ведения мониторинга углеродного баланса антропогенно преобразованных ландшафтов // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2023. Т. 2. С. 194–196.
- Дьяконов К.Н., Бочкарев Ю.Н., Ретеюм А.Ю.* Геофизические и астрофизические факторы биопродуктивности ландшафтов на северной и верхней границе леса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2012. № 4. С. 3–8.
- Дьяконов К.Н., Бочкарев Ю.Н.* Дендрохроноиндикация эволюции парагенетической системы бугры пучения – термокарстовые озера // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 4. С. 15–23.
- Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю.* Причины современных изменений геосистем на севере Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2020. № 4. С. 37–43. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-4(37-43).
- Москаленко Н.Г.* Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 18–23.
- Солдатенкова Ю.П.* Температурный режим почвы и температура напочвенного покрова в различных растительных сообществах в районе Салехарда // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология и почвоведение. 1965. № 3.
- Справочник по климату СССР. Устойчивость и точность климатических характеристик. Т. 1: Солнечное сияние, температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 396 с.
- Konstantinov P. et al.* A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic, 2018, *Environ. Res. Lett.*, 13 075007.
- Landscheidt T.* Extrema in sunspot cycle linked to Sun's motion, *Solar Physics*, 1999, vol. 189(2), p. 413–424, DOI: 10.1023/A:1005287705442.
- Электронные ресурсы*  
Погода и климат. Летопись погоды в Надыме: Средние месячные и годовые температуры воздуха в Надыме (по онлайн-данным и литературным источникам). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm> (дата обращения 16.04.2023).

Погода и климат. Летопись погоды в Тарко-Сале: Средние месячные и годовые температуры воздуха в Тарко-Сале (по онлайн-данным и литературным источни-

кам). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm> (дата обращения 26.04.2023).

Поступила в редакцию 22.05.2023

После доработки 23.05.2023

Принята к публикации 24.05.2023

## DENDROCHRONOINDICATION OF LOCAL CLIMATE CHANGE IN NADYM CITY OVER THE LAST 50 YEARS

Yu.N. Bochkarev<sup>1</sup>, K.N. Dyakonov<sup>2</sup>, A.V. Soromotin<sup>3</sup>, O.S. Sizov<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science

<sup>1</sup> Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre SB RAS

<sup>3</sup> Tyumen State University, Research Institute of Ecology and Resource Natural Management

<sup>4</sup> Oil and Gas Research Institute RAS, laboratory of integrated geological and geophysical study and oil and gas continental shelf resources

<sup>1</sup> Ph.D. in Geography, engineer; e-mail: [uoch@yandex.ru](mailto:uoch@yandex.ru)

<sup>2</sup> Professor, Corresponding Member of the RAS, Sc. Dr. in Geography; e-mail: [diakonov.geofak@mail.ru](mailto:diakonov.geofak@mail.ru)

<sup>3</sup> Director, associate professor, Sc. D. in Biology; e-mail: [asoromotin@mail.ru](mailto:asoromotin@mail.ru)

<sup>4</sup> Senior Researcher, Ph. D. in Geography; e-mail: [kabanin@yandex.ru](mailto:kabanin@yandex.ru)

The dynamics of the phytroduction process in the period from 1700 to 2020 AD was defined by means of dendrochronological analysis of fifty-five Siberian larch cores taken in a sparse cedar-larch herbaceous forest within the city of Nadym and on a sample plot twenty-six kilometers from Nadym in a sparse cedar-larch green moss-lichen forest. Comparison of generalized dendrochronologies allows us to conclude that before the active growth of the city in 1972, the increase in the control area was more variable and more by 1/3 than within the city. With the expansion of the city over the past 50 years, the increase in productivity within the city boundaries exceeded 2.4 times compared to the control area. Analysis of the statistical characteristics of the samples was carried out, showing the significance of the influence of the city on the growth of larches. The method of spatial air temperature differences between Nadym and Tarko-Sale, located 250 km to the southeast, was used. Warming in winter in Nadym was 2.8°C, which is 0.7°C more than in Tarko-Sale. The warming in the summer period is almost the same and amounted to 1.3–1.4°C with a standard deviation of the long-term series of 1.8°C. An increase in air temperature in Nadym could not but affect the growth of larch. The other factors for the growth of bioproductivity are the warming effect of the city (reduction of energy costs for evaporation and an increase in energy costs for heat exchange between the underlying surface and the atmosphere) and agroforestry reclamation of natural forests.

**Keywords:** dendroindication, local climate, Tarko-Sale, method of spatial temperature differences over time, anthropogenic warming factors

### REFERENCES

- Bochkarev Yu.N. Izuchenie vnutrivenkovoj dinamiki landshaftov severnoj tajgi Zapadnoj Sibiri metodami dendrochronologii [Study of the intra-secular dynamics of landscapes in the northern taiga of Western Siberia using dendrochronology methods], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2006, no. 3, p. 62–67. (In Russian)
- Bochkarev Yu.N. Mnogoletnyaya dinamika bugrov pucheniya na severe Zapadnoj Sibiri po dannym dendrochronologii [Long-term frost mounds dynamics in the north of Western Siberia according to dendrochronological data], *Voprosy geografii*, no. 138, 2014, p. 251–270. (In Russian)
- D'yakonov K.N., Bochkarev Yu.N. Dendrochronoindikaciya evolyucii parageneticheskoy sistemy bugry pucheniya – termokarstovye ozera [Dendrochronological indication of the evolution of “frost mounds – thermokarst lakes” paragenetic system], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 4, p. 15–23. (In Russian)
- D'yakonov K.N., Reteyum A.Yu. Prichiny sovremennyh izmenenij geosistem na severe Zapadnoj Sibiri [The causes of current changes in geosystems in the north of Western Siberia], *Geografiya i prirodnye resursy*, 2020, vol. 41, no. 4, p. 338–343. (In Russian)
- Goleusov P.V., Neteba A.A. Perspektivy vedeniya monitoringa uglerodnogo balansa antropogenno preobrazovannyh landshaftov [Prospects for monitoring the carbon balance of anthropogenically transformed landscapes], *Teoreticheskie i prikladnye problemy landshaftnoj geografii, VII Mil'kovskie chteniya, materialy XIV Mezhdunarodnoj landshaftnoj konferencii*, Voronezh, VGU Publ., 2023, t. 2, p. 194–196. (In Russian)

- Konstantinov P. et al. A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic, 2018, *Environ. Res. Lett.*, 13 075007.
- Landscheidt T. Extrema in sunspot cycle linked to Sun's motion, *Solar Physics*, 1999, no. 189(2), p. 415–426, DOI: 10.1023/A:1005287705442.
- Moskalenko N.G. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющемся климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири [Permafrost and vegetation changes in the Nadym region of West Siberian northern taiga due to the climate change and technogenesis], *Kriosfera Zemli*, 2009, vol. XIII, no. 4, p. 18–23. (In Russian)
- Soldatenkova Yu.P. Температурный режим почвы и температура напочвенного покрова в различных растительных сообществах в районе Салехарда [Soil temperature regime and ground cover temperature in various plant communities in the Salekhard region], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 6, Biologist and soil scientist*, 1965, no. 3, (In Russian)
- Spravochnik po klimatu SSSR, Ustojchivost' i tochnost' klimaticheskikh harakteristik, vol. 1, *Solnechnoe siyanie, temperatura vozduha i pochvy*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1976, 396 p. (In Russian)
- Vaganov E.A., Shiyatov S.G. Dendroklimaticheskie i dendrohronologicheskie issledovaniya v Severnoj Evrazii [Dendroclimatic and dendroecological studies in Northern Eurasia], *Lesovedenie*, 2005, no. 4, p. 18–27. (In Russian)

*Web sources*

Pogoda i klimat, Letopis' pogody v Nadyme, Srednie mesyachnye i godovye temperatury vozduha v Nadyme (po online dannym i literaturnym istochnikam) [Weather and climate. Weather chronicle in Nadym: Average monthly and annual air temperatures in Nadym (according to online data and literary sources)], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23445.htm> (access date 16.04.2023), (In Russian)

Pogoda i klimat, Letopis' pogody v Tarko-Sale, Srednie mesyachnye i godovye temperatury vozduha v Tarko-Sale (po online dannym i literaturnym istochnikam) [Weather and climate. Weather chronicle in Tarko-Sale: Average monthly and annual air temperatures in Tarko-Sale (according to online data and literary sources)], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23552.htm> (access date 26.04.2023), (In Russian)

Received 22.05.2023

Revised 23.05.2023

Accepted 24.05.2023

## ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

### Общие требования к статье

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 5. География» публикует результаты оригинальных исследований в различных областях географической науки, теоретические, методические и обзорные статьи, представляющие интерес для мирового научного сообщества. Представленные к публикации материалы должны соответствовать формальным требованиям журнала, пройти процедуру слепого рецензирования и получить рекомендацию к публикации на заседании редколлегии журнала. Решение о публикации принимается на основе научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Объем статьи (текст, таблицы, список литературы, рисунки, перевод на английский) не должен превышать 1 а. л. (40 тыс. печатных знаков, включая пробелы, 5 рисунков), не более 50 тыс. знаков для обзорных статей. Объем кратких сообщений составляет 0,25 а. л. Рекомендуемый список литературы – до 30 наиболее актуальных работ по рассматриваемому вопросу. В обзорных статьях список литературы не должен превышать 60 источников. Для кратких сообщений список литературы может быть до 10 источников. Самоцитирований в списке литературы не должно быть более 10% от общего числа использованных источников.

Статья должна быть четко структурирована и включать рубрики: введение; материалы и методы исследований; результаты исследований и их обсуждение; выводы; список литературы.

Все материалы статьи компонуются **в единый сводный файл в формате Word** и размещаются в нем в следующей последовательности:

1. УДК;
  2. Название статьи;
  3. Инициалы и фамилия автора(ов);
  4. Для каждого автора приводится полное название учреждения, в котором выполнялось исследование, подразделение (кафедра, лаборатория и т. п.), уч. степень, должность, *e-mail*;
  5. Аннотация статьи;
  6. Ключевые слова;
  7. Текст статьи;
  8. Благодарности, в том числе – финансирование;
  9. Список литературы;
  10. Таблицы;
  11. Подрисуночные подписи;
  12. Рисунки;
  13. Перевод на английский язык пунктов 2–6, 8–9,
11. В пункте 4 просьба использовать в переводе официальное наименование организации на английском языке (а не собственный вариант перевода).

### Подготовка текста

*Текст* набирается 12 кеглем через один интервал, поля слева, сверху и снизу – 2 см, справа – 1,5 см. Не допускается использование табулятора или пробелов для обозначения абзаца, ручных переносов в словах, переносов строк клавишей Enter в рамках одного предложения, разрывов страниц и разделов. В тексте статьи возможно использование полужирного шрифта и курсива для смысловых выделений, однако не должно использоваться подчеркивание. Десятичная часть чисел отделяется запятой.

*Формулы* набираются в редакторе формул в отдельную строку и имеют сквозную нумерацию по всей статье, выровненную по правому краю строки.

*Таблицы* набираются в Word, не допускается разделение ячеек косой линией. Ручные переносы не допускаются.

*Рисунки* представляются отдельными файлами, названными по их номерам (например: рис.1.tiff, рис.2.jpg), в графическом формате (eps, tif, jpg) разрешением не менее 300 dpi для полутоновых и 600 dpi для черно-белых изображений и графиков. Для графиков, выполненных в Excel, дополнительно прикладываются соответствующие файлы Excel. Картинки должны быть полностью готовы к изданию. Представление рисунков в виде схем Word или набранного текста с добавлением графических элементов, наложенных сверху, **не допускается**.

*Ссылка на источник* в тексте документа указывается в квадратных скобках. В тексте ссылки через запятую указывается фамилия автора и год издания. Если ссылок несколько – они отделяются друг от друга точкой с запятой. Ссылка на источник на иностранном языке указывается на языке оригинала. Список русскоязычной литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003, 7.82–2001 и 7.0.5–2008. DOI (при наличии) указывается в конце ссылки. Ссылка на источник на английском языке оформляется единообразно и в русскоязычном, и в переведенном на английский язык списке литературы. **При наличии у русскоязычного издания, которое фигурирует в списке литературы, оригинальной или переводной англоязычной версии в ссылке должна быть указана именно она, а не русскоязычный вариант.**

Более подробные инструкции по подготовке статей для авторов можно найти на сайте журнала <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/index>. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться автору на переработку.

Статьи принимаются на географическом факультете в редакции, через сайт журнала и по электронной почте.

Редакция: комната 2108а, тел. +7(495)9392923. Сайт журнала <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/index>. Электронная почта: [vestnik\\_geography@mail.ru](mailto:vestnik_geography@mail.ru).

*Плата за публикацию не взимается*

## У Ч Р Е Д И Т Е Л И :

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;  
географический факультет МГУ

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.А. ДОБРОЛЮБОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН (главный редактор)  
В.С. ТИКУНОВ, доктор географических наук, профессор (зам. главного редактора)  
Е.А. ЕРЕМЕНКО, кандидат географических наук (ответственный секретарь)  
А.И. АЛЕКСЕЕВ, доктор географических наук, профессор  
С.И. БОЛЫСОВ, доктор географических наук, профессор  
А.Н. ГЕННАДИЕВ, доктор географических наук, профессор  
К.Н. ДЬЯКОНОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН  
С.С. ЗИЛИТИНКЕВИЧ, доктор географических наук, профессор (Метеорологический институт Финляндии)  
О.Г. ЗОЛИНА, профессор (Университет Ж. Фурье, г. Гренобль, Франция)  
В.Ю. ИВАНОВ, профессор (Мичиганский университет, США)  
Н.С. КАСИМОВ, доктор географических наук, профессор, академик РАН  
А.В. КИСЛОВ, доктор географических наук, профессор  
В.А. КОЛОСОВ, доктор географических наук, профессор  
К.П. КОЛТЕРМАНН, профессор  
М. КОНЕЧНЫ, профессор (Университет г. Брно, Чешская Республика)  
С.Б. КРООНЕНБЕРГ, профессор (Технологический университет г. Делфт, Нидерланды)  
С.М. МАЛХАЗОВА, доктор географических наук, профессор  
Г. МОУРИ, профессор (Университет г. Токио, Япония)  
С.А. СОКРАТОВ, кандидат географических наук, PhD  
П.Е. ТАРАСОВ, доктор наук, профессор (Берлинский Свободный университет, Германия)  
Н.Л. ФРОЛОВА, доктор географических наук, профессор  
В.Е. ШУВАЛОВ, кандидат географических наук, доцент  
Т.А. ЯНИНА, доктор географических наук, профессор  
В.В. ЯНКО-ХОМБАХ, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Институт прикладных исследований Авалон, г. Виннипег, Канада)

## EDITORIAL BOARD:

S.A. DOBROLUBOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor (Editor-in-chief)  
V.S. TIKUNOV, doctor of science, professor (Deputy Editor-in-chief)  
E.A. EREMENKO, candidate of science (Secretary-General)  
A.I. ALEKSEEV, doctor of science, professor  
S.I. BOLYSOV, doctor of science, professor  
A.N. GENNADIYEV, doctor of science, professor  
K.N. D'YAKONOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor  
S.S. ZILITINKEVICH, doctor of science, professor (Finnish Meteorological Institute, Finland)  
O.G. ZOLINA, professor (Fourier University, Grenoble, France)  
V.YU. IVANOV, professor (Michigan University, USA)  
N.S. KASIMOV, doctor of science, academician of the Russian Academy of Sciences, professor  
A.V. KISLOV, doctor of science, professor  
V.A. KOLOSOV, doctor of science, professor  
K.P. KOLTERMANN, professor  
M. KONECNY, professor (Masaryk University, Faculty of Science, Czech Republic)  
S.B. KROONENBERG, professor (Delft University of Technology, Department of Applied Earth Sciences, Netherlands)  
S.M. MALKHAZOVA, doctor of science, professor  
G. MOURI, professor (University of Tokyo, Japan)  
S.A. SOKRATOV, candidate of science, PhD  
P.E. TARASOV, professor (Free Berlin University, Germany)  
N.L. FROLOVA, doctor of science, professor  
V.E. SHUVALOV, candidate of science, associate professor  
T.A. YANINA, doctor of science, professor  
V.V. YANKO-KHOMBACH, doctor of science, professor (Avalon Institute of Applied Sciences, Winnipeg, Canada)

*Номер подготовили члены редколлегии*

**С.М. МАЛХАЗОВА, В.А. КОЛОСОВ**

Редактор **Е.С. Повалишникова**

*Адрес редколлегии:*

119992, Москва, Ленинские горы, МГУ,  
географический факультет, комн. 2108а. Тел. 7(495) 939-29-23

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.  
Свидетельство о регистрации № 1552 от 14 февраля 1991 г.

Подписано в печать 00.00.2016. Формат 60×90/8.  
Гарнитура Times New Roman. Бумага офсет. № 1. Офсетная печать. Усл. печ. л.  
Уч.-изд. л. 00. Тираж экз. Изд. № 00000. Заказ №

---

Типография МГУ.

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 15.